

## CAPÍTULO 11

### ACCIÓN

- 11.1. Verdad y Acción
- 11.2. **La Regla Tecnológica**
- 11.3. La Previsión Tecnológica

En toda ciencia, sea pura o aplicada, la teoría es a la vez la culminación de un ciclo de investigación y una guía para investigación ulterior. En las ciencias aplicadas las teorías son, además de eso, la base de sistemas de reglas que prescriben el curso de la acción práctica óptima/ Por otro lado, en las artes y oficios o bien no hay teorías o bien éstas son meros instrumentos de acción. Pero eso no se refiere a teorías enteras, sino sólo a su parte periférica; puesto que sólo las consecuencias de nivel bajo de las teorías pueden estar en contacto con la acción, son esos resultados finales de las teorías los que atraen la atención del hombre práctico. En épocas pasadas se consideraba que un hombre era práctico de algún arte cuando al obrar prestaba poca o ninguna atención a la teoría, o bien se basaba en teorías espontáneas del sentido común. Hoy día, un práctico es más bien una persona que obra según, decisiones tomadas a la luz del mejor conocimiento tecnológico: no científico, porque la mayor parte del conocimiento científico está demasiado lejos de la práctica o incluso es irrelevante para ella. Y ese conocimiento tecnológico, hecho de teorías, reglas fundamentadas y datos, es a su vez un resultado de la aplicación del método de la ciencia a problemas prácticos (cfr. Secc. 1.5).

La aplicación de la teoría a fines prácticos plantea problemas filosóficos considerables y descuidados en gran medida. Tres **de esos problemas** -el de la capacidad confirmadora de la acción, el de la relación entre la regla y la ley y el de los efectos de la previsión tecnológica en el comportamiento humano- se estudiarán en este capítulo. Son meras muestras de un sistema de problemas que un día u otro deberían dar origen a una filosofía de la tecnología.

### 11.1. Verdad y Acción

Un acto puede considerarse *racional* si (i) es máximamente adecuado a un objetivo previamente puesto y (ii) el objetivo y los medios para conseguirlo se han escogido o realizado mediante el uso consciente del mejor conocimiento relevante disponible. (Esto presupone que ningún acto racional es en sí mismo un objetivo, sino que es siempre instrumental.) El conocimiento subyacente a la acción racional puede encontrarse en cualquier tramo del amplio espectro encerrado por los límites del conocimiento común y el conocimiento científico, pero en cualquier caso tiene que ser conocimiento propiamente dicho, no hábito ni superstición. Nos interesa aquí una clase especial de acción racional: la guiada, al menos en parte, por la teoría científica o tecnológica. Los actos de esta clase pueden considerarse *máximamente racionales*, porque se basan en hipótesis fundamentadas o contrastadas y en datos precisos, no en el mero conocimiento práctico o en la tradición acrítica. Una tal fundamentación no garantiza que la acción tendrá un éxito completo, pero suministra los medios para el perfeccionamiento gradual del acto. Es, en efecto, el único medio conocido para acercarse a los objetivos dados y mejorarlos incluso, igual que los medios para alcanzarlos.

Una teoría puede tener relevancia para la acción ya porque suministre conocimiento sobre los objetos de la acción, máquinas, por ejemplo, ya porque se refiera a la acción misma, por ejemplo, a las decisiones que preceden y guían a la manufactura o el uso de máquinas. Una teoría del vuelo es del primer tipo, mientras que una teoría de las decisiones óptimas sobre la distribución del tránsito aéreo por una región es de la última clase. Los dos del ejemplo son *teorías tecnológicas*; pero, mientras que las de la primera clase son *sustantivas*, las de la segunda son *operativas* en cierto sentido. Las teorías tecnológicas sustantivas son esencialmente aplicaciones de teorías científicas a situaciones aproximadamente reales; así por ejemplo, una teoría del vuelo es esencialmente una aplicación de la dinámica de los flúidos. Las teorías tecnológicas operativas, en cambio, se refieren desde el primer momento a las operaciones de complejos hombre-máquina en situaciones aproximadamente reales; así por ejemplo, una teoría de la gestión de líneas aéreas no estudia los aviones, sino ciertas operaciones del personal. Las teorías tecnológicas sustantivas tienen siempre inmediatamente a sus espaldas teorías científicas, mientras que las teorías operativas nacen en la investigación aplicada y pueden tener poco -o nada- que ver con teorías sustantivas. Por esta razón matemáticos y lógicos con escaso conocimiento previo de teorías científicas del mismo campo pueden dar importantes contribuciones a dichas teorías operativas. Unos pocos ejemplos aclararán más la distinción sustantiva-operativa.

La teoría relativista de la gravitación puede aplicarse al trazado de

generadores de campos antigravitatorios (campos que contrapesan el campo gravitatorio terrestre), y esos campos pueden utilizarse a su vez para facilitar el lanzamiento de naves espaciales. Pero, como es natural, la teoría de la relatividad no se refiere particularmente ni a los generadores de campos ni a la astronáutica: se limita a suministrar parte del conocimiento relevante para planear y manufacturar generadores antigravitatorios. El geólogo aplicado que trabaja en prospecciones petrolíferas utiliza la paleontología, y los resultados a que llega en sus dictámenes son una base para la elaboración de decisiones para los equipos de sondeo; pero ni la paleontología ni la geología se ocupan directamente de la industria del petróleo. El psicólogo industrial puede utilizar la psicología en interés de la producción; pero la psicología no se ocupa directamente de la producción. Esos tres ejemplos lo son de aplicación de teorías científicas (o semi-científicas, según los casos) a problemas que surgen en la acción.

Por el otro lado las teorías del valor, de la decisión, la teoría de los juegos y la investigación operacional tratan directamente la estimación, la elaboración de decisiones, la planificación y la acción; pueden incluso aplicarse a la investigación científica considerada como una clase de acción, con la optimista esperanza de optimizar su producto. (Esas teorías no pueden decir cómo podría sustituirse el talento por otra cosa, pero sí cuál es el mejor modo de explotarlo.) Esas teorías son operativas, y hacen escaso uso -si es que hacen alguno- del conocimiento sustantivo suministrado por las ciencias físicas, biológicas o sociales: suelen bastarles el conocimiento ordinario, un conocimiento especializado, pero no científico (por ejemplo, de prácticas de inventario), y la ciencia formal. Basta pensar en la cinemática estratégica aplicada al combate, o en los modelos de colas: no son aplicaciones de ninguna teoría científica pura, sino que son ellas mismas teorías independientes. Lo que utilizan esas teorías operativas o no-sustantivas no es el conocimiento científico sustantivo, sino el *método* de la ciencia. Tales teorías pueden, en efecto, considerarse científicas y dirigidas al tema de la acción: son, dicho brevemente, teorías de la acción. Son teorías tecnológicas respecto del objetivo, que es más práctico que cognoscitivo; pero, aparte de eso, no difieren grandemente de las teorías de la ciencia. De hecho, toda buena teoría operativa tendrá al menos los siguientes rasgos característicos de las teorías científicas: (i) no referirse directamente a piezas de realidad, sino a modelos más o menos idealizados de la misma (por ejemplo, contrincantes plenamente racionales y perfectamente informados, o demandas y suministros continuos); (ii) como consecuencia de lo anterior: utilizar conceptos teóricos (por ejemplo, "probabilidad"); (iii) poder absorber información empírica y enriquecer a su vez la experiencia suministrando predicciones o retrodicciones; (iv) ser, por tanto, empíricamente contrastable, aunque no tan rigurosamente como las teorías científicas (cfr. Fig. 11.1).

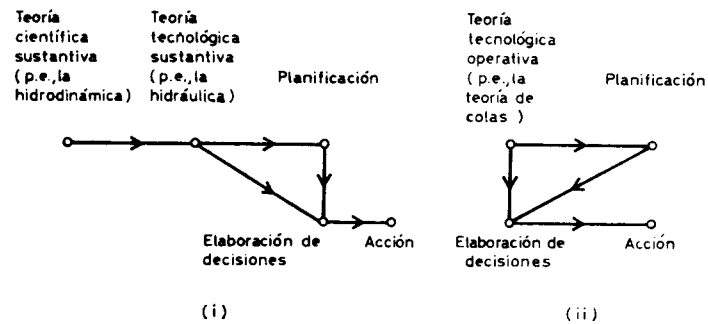


FIG. 11.1. (i) La teoría tecnológica sustantiva se basa en la teoría científica y suministra al que toma las decisiones los instrumentos necesarios para planear y hacer. (ii) La teoría operativa se ocupa directamente de los actos del elaborador de decisiones y del productor o agente.

Consideradas desde el punto de vista práctico, las teorías tecnológicas son más ricas que las teorías científicas en el sentido de que, lejos de limitarse a dar cuenta de lo que puede ocurrir, ocurre, ocurrió u ocurrirá, sin tener en cuenta lo que hace el que toma las decisiones, ellas se ocupan de averiguar *lo que hay que hacer* para conseguir, evitar o simplemente cambiar el ritmo de los acontecimientos o su desarrollo de un modo predeterminado. En cambio, desde un punto de vista conceptual las teorías tecnológicas son claramente más pobres que las de la ciencia pura: son siempre *menos profundas*, porque el hombre práctico, al que se dedican, se interesa principalmente por los efectos brutos que ocurren y que son controlables a escala humana: lo que quiere saber ese hombre es cómo puede conseguir que trabajen *para él* las cosas que se encuentran a su alcance, y no cómo son realmente las cosas de cualquier clase. Así, por ejemplo, el especialista en electrónica no necesita preocuparse de las dificultades de las teorías cuánticas del electrón; y el investigador dedicado a la teoría de la utilidad, que compara las preferencias de los individuos, no tiene por qué profundizar en los orígenes de los esquemas de esas preferencias, lo cual es en cambio un problema de interés para el psicólogo. Consiguientemente, el investigador aplicado procurará esquematizar su sistema, siempre que ello sea posible, como *caja negra*: preferirá tratar variables externas (input y output), considerará todas las demás, en el mejor de los casos, como variables intermedias útiles y manejables, pero sin alcance ontológico, e ignorará todos los demás niveles. Precisamente por eso -o sea, porque sus hipótesis son superficiales-, no resultan más a menudo peligrosas las supersimplificaciones y los errores con que trabaja. (Lo que sí es peligroso es la trasposición de este planteamiento externalista a la ciencia misma: cfr. Secc. 8.5.) Pero de vez en cuando el tecnólogo se verá obligado a adoptar un punto de vista más profundo, representacional. Así, por ejemplo, el ingeniero molecular que planea nuevos mate-

riales, por ejemplo, sustancias de macropropiedades determinadas de antemano, tendrá que utilizar determinados fragmentos de la teoría atómica y molecular. Pero pasará por alto todas las micropropiedades que no se manifiesten de modo apreciable al nivel macroscópico: en el fondo utiliza las teorías atómica y molecular como meros instrumentos. Y eso es lo que ha inducido a bastantes filósofos a **creer erróneamente que las teorías científicas son exclusivamente instrumentos.**

**El empobrecimiento conceptual que sufre la** teoría científica cuando se usa como un medio para fines prácticos puede ser tremendo. Por ejemplo: un físico aplicado que trabaje en el diseño de un instrumento óptico usará casi exclusivamente lo que se sabía de la luz a mediados del siglo xvii. No tomará en cuenta la teoría ondulatoria de la luz más que para explicar a grandes rasgos, y sin detalle, algunos efectos, por lo común indeseables, como la aparición de los colores cerca de los bordes de la lente; pero rara vez -si es que lo hace alguna- aplicará alguna de las teorías ondulatorias de la luz. cfr. Secc. 9.6) al cálculo de tales efectos. En la mayor parte de su práctica profesional puede hacer como si ignorara esas teorías, por dos razones. Primero, porque los rasgos capitales de los hechos ópticos relevantes para la fabricación de la mayoría de los instrumentos ópticos quedan adecuadamente recogidos por la óptica del rayo luminoso; los hechos que no pueden explicarse así requieren simplemente la hipótesis (no la entera teoría) de que la luz consta de ondas y de que esas ondas pueden superponerse. Segundo, porque es sumamente difícil resolver las ecuaciones de las más profundas teorías ondulatorias, salvo en casos elementales que son por lo general de interés meramente académico (o sea, que sirven esencialmente para fines de ilustración o contrastación de la teoría). Basta pensar en la tarea de resolver la ecuación de onda con condiciones límites dependientes del tiempo, como las que representan el obturador móvil de una cámara cinematográfica. La óptica ondulatoria es científicamente importante porque es aproximadamente verdadera; pero para la mayor parte de la actual tecnología del ramo, es menos importante que la óptica del rayo luminoso, y su aplicación detallada a problemas prácticos en la industria óptica sería puro quijotismo. Lo mismo puede argüirse respecto del resto de la ciencia pura en relación con la tecnología. Y la moraleja de todo esto es que si la investigación científica se hubiera sometido dócilmente a las necesidades inmediatas de la producción, no tendríamos ciencia.

En el dominio de la acción, las teorías profundas o complicadas son ineficaces porque requieren demasiado trabajo para conseguir resultados que igual pueden obtenerse con medios más pobres, esto es, con teorías menos verdaderas, pero más simples. La verdad profunda y precisa, que es un desideratum de la investigación científica pura, no es económica. Lo que se supone que el científico aplicado maneja son teorías de gran *eficiencia*, o sea, con una razón *input/output* elevada: se trata de teorías

que dan mucho con poco. El bajo coste compensará entonces la calidad baja. Y como el gasto exigido por las teorías más verdaderas y complejas es mayor que el *input* exigido por las teorías menos verdaderas -que son generalmente más sencillas-, la eficiencia tecnológica de una teoría será proporcional a su *output* y a la sencillez de su manejo. (Si tuviéramos razonables criterios de medición de uno u otro concepto podríamos postular la ecuación *Eficiencia de T - Output de T X Simplicidad operativa de T*.)

Si el *output* o producto técnicamente utilizable de dos teorías rivales es el mismo, entonces la simplicidad relativa de su aplicación (o sea, su simplicidad pragmática) será decisiva para la elección de una u otra por el tecnólogo; la adopción del mismo criterio por parte del científico puro significaría la rápida muerte de la investigación básica o de fundamentos. Y esto debe bastar para refutar la sentencia de Bacon -divisa del pragmatismo- según la cual lo más útil es lo más verdadero, así como para mantener la independencia de los criterios veritativos respecto del éxito práctico.

Si una teoría es verdadera puede utilizarse con éxito en la investigación aplicada (investigación tecnológica) y en la práctica misma, en la medida en que la teoría sea relevante para una y otra. (Las teorías fundamentales no son aplicables *de ese* modo, porque tratan de problemas demasiado alejados de los prácticos. Piénsese en lo que sería una aplicación de la teoría cuántica de la dispersión a los choques entre automóviles.) Pero la afirmación recíproca no es verdadera: el éxito o el fracaso prácticos de una teoría no son un índice objetivo de su valor veritativo. En realidad, una teoría puede tener éxito y ser falsa, y, a la inversa, puede ser un fracaso práctico y ser aproximadamente verdadera. La eficiencia de una teoría falsa puede deberse a alguna de las razones siguientes. En primer lugar, una teoría puede contener un grano de verdad que sea lo único utilizado en las aplicaciones de la teoría. En realidad, una teoría es un sistema de hipótesis, y basta con que sean verdaderas o aproximadamente verdaderas unas pocas de ellas para acarrear consecuencias adecuadas, siempre que

*Fig. 11.2. Un teorema verdadero, t, que dé base a una eficaz regla técnica, puede a veces derivarse de una hipótesis verosímil, h, sin usar la hipótesis falsa (o incontrastable), h', que se presenta en la misma teoría.*

los ingredientes falsos no se usen en la deducción o sean prácticamente inocuos (cfr. Fig. 11.2).

Así es, por ejemplo, posible fabricar un acero excelente combinando exorcismos mágicos con las operaciones prescritas por esa técnica, como se hizo hasta comienzos del siglo xix; y también es posible mejorar la condi-

ción de los neuróticos por medio del chamanismo, el psicoanálisis y otras prácticas de esa naturaleza, mientras se combinen con ellas otros medios realmente eficaces, como la sugestión, el condicionamiento, los tranquilizantes y, sobre todo, el tiempo.

Otra razón del posible éxito práctico de una teoría falsa puede ser que los requisitos de precisión se encuentran en la ciencia aplicada y en la práctica muy por debajo de los que imperan en la investigación pura, de tal modo que una teoría grosera y simple que suministre estimaciones correctas de órdenes de magnitud, y de un modo fácil y rápido, bastará muy a menudo en la práctica. Los coeficientes de seguridad ocultarán en cualquier caso los detalles más finos predichos por una teoría precisa y profunda, y esos coeficientes son característicos de la teoría tecnológica porque ésta tiene que adaptarse a condiciones que pueden variar dentro de un amplio marco. Piénsese en la variación de las cargas que tiene que soportar un puente, o en los varios individuos que pueden consumir una medicina. El ingeniero y el médico tienen interés en contar con seguros y amplios intervalos centrados en torno de valores típicos, y no en contar con valores exactos. Una mayor precisión carecería de interés y hasta de sentido, pues ahí no se trata de obtener contrastaciones. Aún más: una gran precisión de ese tipo daría lugar a confusiones, porque complicaría las cosas hasta tal punto que el blanco a que tiene que apuntar la acción se perdería bajo la masa de los detalles. La precisión, que es un objeto de la investigación científica, no sólo es irrelevante o hasta un estorbo en la práctica, sino que incluso puede ser un obstáculo a la misma investigación pura en sus estadios iniciales. Por las dos razones antes dadas -uso de sólo una parte de las premisas y escasa exigencia de precisión- infinitas teorías diversas y rivales pueden dar "prácticamente los mismos resultados". El tecnólogo, y particularmente el técnico, está justificado al preferir la teoría más sencilla: en última instancia, lo que le interesa primordialmente es la eficiencia, no la verdad, conseguir cosas, no una comprensión más profunda de ellas. Por la misma razón pueden ser poco prácticas las teorías profundas y precisas: usarlas equivaldría a matar conejos con bombas nucleares. Sería tan absurdo -aunque no tan peligroso- como proponer la simplicidad y la eficiencia como criterios en la ciencia pura.

Una tercera razón por la cual la mayoría de las teorías científicas fundamentales no tienen interés práctico carece de relación con la manejabilidad y la robustez exigidas por la práctica, y tiene en cambio una raíz ontológica más profunda. Los actos prácticos del hombre tienen en su mayor parte lugar a su propio nivel, y ese nivel, como los demás, arraiga en los niveles inferiores, pero goza de cierta autonomía respecto de ellos, en el sentido de que no todo cambio que ocurra en los niveles inferiores tiene efectos apreciables en los superiores. Eso es lo que nos permite tratar la mayoría de las cosas a su propio nivel, apelando a lo sumo a los niveles inmediatamente adyacentes. Dicho brevemente, los niveles son en alguna

medida estable: hay cierto margen de juego entre nivel y nivel, y ésta es una raíz del azar (casualidad debida a la independencia) y de la libertad (automoción en ciertos aspectos). Por eso para muchos fines prácticos bastarán teorías de un solo nivel. Hay que escoger teorías de muchos niveles sólo cuando se exige un conocimiento de las relaciones entre los varios niveles para conseguir un tratamiento por "control remoto". Los logros más interesantes en este respecto son los de la psicoquímica, cuyo objetivo es precisamente el control del comportamiento mediante la manipulación de variables que corresponden al nivel bioquímico subyacente a los fenómenos psíquicos.

Otra razón -la cuarta- de la irrelevancia de la práctica para la convalidación de teorías, incluso de teorías operativas que traten de la práctica misma, es que, en situaciones reales, las variables relevantes no suelen conocerse adecuadamente ni controlarse con precisión. Las situaciones reales son demasiado complejas para ello, y la acción real suele proceder con demasiada urgencia para permitir un estudio detallado, un estudio que empezara por aislar variables y combinar algunas de ellas en un modelo teórico. Como el desideratum en esos casos es la eficiencia máxima, y no la verdad, es corriente que se pongan en práctica simultáneamente varias medidas de ese orden práctico: el estratega aconsejará el uso simultáneo de armas de varias clases, el médico recetará varios tratamientos que supone concurrentes, y el político combinará promesas y amenazas. Si el resultado es satisfactorio ¿cómo podrá averiguar el práctico cuál de las reglas fue la eficiente y, por tanto, cuál de las hipótesis subyacentes era la verdadera? Si el resultado es insatisfactorio, ¿cómo podrá identificar las reglas ineficaces y las hipótesis subyacentes falsas? La distinción y el control cuidadosos de las variables relevantes y una estimación crítica de las hipótesis correspondientes a las relaciones entre esas variables no son cosas que puedan hacerse mientras se está matando, curando o persuadiendo a la gente, ni siquiera mientras se está produciendo cosas, sino sólo en el curso de la teorización y la experimentación científicas sensibles, tranquilas, planeadas y críticas. Sólo en el curso de la teorización o la experimentación *distinguimos* entre variables y *estimamos* su importancia relativa, las *controlamos* por manipulación o medición y *ponemos a prueba* nuestras hipótesis e inferencias. Por eso las teorías factuales, sean científicas o tecnológicas, sustantivas u operativas se contrastan empíricamente en el laboratorio, y no en el campo de batalla, en la sala de consultas o en la calle. ('Laboratorio' se entiende aquí en un sentido amplio, para incluir cualquier situación que, como las maniobras militares, permita un control razonable de las variables relevantes.) Ésa es también la razón por la cual la eficiencia de las reglas utilizadas en la fábrica, el hospital o la institución social no puede determinarse más que en circunstancias artificialmente controladas.

Dicho brevemente: la práctica no tiene ninguna fuerza convalidadora;

sólo la investigación pura y aplicada puede estimar el valor veritativo de las teorías y la eficiencia de las reglas tecnológicas. A diferencia del científico, el técnico y el práctico no *contrastan* teorías, sino que las *usan* con finalidades no cognoscitivas. (El práctico no somete a contrastación ni siquiera las *cosas*, como herramientas o medicamentos, salvo en casos extremos: él se limita a usarlas, y es el científico aplicado el que en el laboratorio tiene que determinar sus propiedades y su eficiencia.) La doctrina de que la práctica es la piedra de toque de la teoría se basa en una incompreensión de la práctica y de la teoría, en una confusión entre la práctica y el experimento y en una confusión análoga entre la regla y la teoría. La pregunta "¿Funciona?", que es pertinente respecto de cosas y reglas, no *lo es* respecto de teorías.

Pero podría argüirse que un hombre que sabe hacer algo está mostrando con eso que conoce ese algo. Consideremos las tres versiones posibles de esa idea. La primera puede condensarse en el esquema "Si  $x$  sabe cómo actuar (o producir)  $y$ , entonces conoce  $y$ ". Para refutar esa tesis basta con recordar que durante un millón de años aproximadamente el hombre ha sabido cómo hacer niños sin tener la más remota idea del proceso de la reproducción. La segunda tesis es el condicional -inverso, a saber "Si  $x$  conoce  $y$ , entonces  $x$  sabe cómo obrar (o producir)  $y$ ". Contraejemplos: sabemos algo acerca de las estrellas, pero no podemos producir estrellas; conocemos parte del pasado, pero no podemos ni tocarlo. Como los dos condicionales son falsos, también lo es el bicondicional " $x$  conoce  $y$  si y sólo si  $x$  sabe cómo obrar (o producir)  $y$ ". En resolución, es falso que el conocimiento sea idéntico con el saber-hacer. La verdad es más bien ésta: el conocimiento *mejora* considerablemente las posibilidades del hacer correcto, y el hacer *puede* llevar a un mejor conocer (ahora que finalmente hemos aprendido que el conocer rinde), no porque la acción sea conocimiento, sino porque, en cabezas inquisitivas, la acción puede impulsar el planteamiento de problemas.

Sólo distinguiendo claramente entre conocimiento científico y conocimiento instrumental, o saber-cómo-hacer, podemos dar con una explicación de la coexistencia del conocimiento práctico con la ignorancia teórica, y de la coexistencia del conocimiento teórico con la ignorancia práctica. Si no fuera por eso seguramente no se habrían producido en la historia las siguientes combinaciones: (i) una ciencia sin su correspondiente tecnología (ejemplo: la física helenística); (ii) artes y oficios sin ciencia subyacente (ejemplos: la ingeniería romana y los actuales *tests* de inteligencia). Pero la distinción tiene que mantenerse también para explicar las fecundaciones cruzadas entre la ciencia, la tecnología y las artes y oficios, así como para explicar el carácter gradual del proceso cognoscitivo. Si, para agotar el conocimiento de una cosa, fuera suficiente producirla o reproducirla, entonces sin duda los logros técnicos serían el paso final de los respectivos capítulos de la investigación aplicada: la producción del caucho sintético los

materiales plásticos y las fibras sintéticas agotarían la química de los polímeros; la inducción experimental del cáncer en sujetos de laboratorio habría terminado con la investigación sobre esa enfermedad; y la producción experimental de neurosis y psicosis habría detenido definitivamente la psicología. El hecho es que seguimos haciendo muchas cosas sin entender cómo, y que conocemos muchos procesos (por ejemplo, la fusión del helio a partir del hidrógeno) que por ahora no somos capaces de controlar para fines útiles (en parte porque nos precipitamos a la tarea de alcanzar los fines antes de conseguir un ulterior desarrollo de los medios). Al mismo tiempo es verdad que las barreras entre conocimiento científico y conocimiento práctico, entre investigación pura e investigación aplicada, son límites que se están borrando. Pero eso no elimina sus diferencias, y el proceso no es sino el resultado de un planteamiento cada vez más científico de los problemas prácticos, o sea, de una difusión del método científico.

La identificación del conocimiento con la práctica no se debe sólo a un fallo en el análisis de ambos, o a la falta de análisis, sino también al legítimo deseo de evitar los dos extremos constituidos por la teoría especulativa y la acción ciega. Pero la contrastabilidad de las teorías y la posibilidad de mejorar la racionalidad de la acción no se defienden del mejor modo ignorando las diferencias entre el teorizar y el hacer, o afirmando que la acción es la contrastación de la teoría, porque esas tesis son falsas, y ningún programa defendible puede basarse en la falsedad. La interacción entre la teoría y la práctica y la integración de las artes y oficios con la tecnología y la ciencia no se consiguen proclamando simplemente su unidad, sino multiplicando sus contactos e impulsando el proceso por el cual los oficios reciben una base tecnológica y la tecnología se convierte totalmente en ciencia aplicada. Esto supone la conversión de las recetas prácticas peculiares a los oficios en reglas fundadas, esto es, en reglas basadas en leyes. Consideremos ahora este problema.

## PROBLEMAS

11.1.1. Informar acerca de algunas de las siguientes obras sobre la acción según planes: (i) G. MYRDAL, *An American Dilemma*, 2nd. ed., New York, Harper and Row, 1962, especialmente los Apéndices 1 y 2. (ii) H. HART, "Social Theory and Social Change", en L. GRoss, ed., *Symposium on Sociological Theory*, Evanston, 111., Row, Peterson, 1959, especialmente págs. 229 ss.; (iii) A. R. vox HIPPEL, "Molecular Designing of Materials", *Science*, 138, 91, 1962.

11.1.2. Comentar el poema en el cual el confuciano Hsün Tzu (del siglo ni antes de nuestra era) elogia el dominio de la naturaleza y condena el conocimiento puro vanamente buscado por los taoístas. Cfr. J. NEEDHAM, *Science and Civilization in China*, Cambridge, Cambridge University Press, 1956, 11, página 28: "Glorificáis a la Naturaleza y meditáis sobre ella; / ¿Por qué no do-

mesticarla y regularla? / Obedecéis a la Naturaleza y cantáis sus alabanzas; / ¿Por qué no controlar su curso y usarla? / Contempláis las estaciones con reverencia y las esperáis; / ¿Por qué no responder a ellas mediante actividades estacionales? / Dependéis de las cosas y las admiráis; / ¿Por qué no despegar vuestras propias capacidades para transformarlas? / Meditáis sobre lo que hace que la cosa sea la cosa; / ¿Por qué no ordenar las cosas de modo que no las desperdiciéis? / Buscáis en vano las causas de las cosas; / ¿Por qué no os apropiáis y gozáis lo que ellas producen? / Por tanto os digo, Descuidar al hombre y especular de la Naturaleza / Es entender mal los hechos del universo". Comentario de Needham: Hsün Tzu "infirió un grave golpe a la ciencia al subrayar con exceso y demasiado frecuentemente su contexto social" (página 26). Indicar actitudes parecidas en otros tiempos y lugares, y especular acerca del posible mecanismo de génesis de las filosofías pragmatistas.

11.1.3. A menudo se ha recomendado el pragmatismo como antídoto a la especulación desbocada, suponiendo que la práctica es la contrastación de la verdad de las teorías. Por otro lado, los prácticos de la medicina, los gerentes de empresas, los políticos y otros hombres de la práctica están constantemente inventando hipótesis que no tienen tiempo -ni ganas a veces- de fundamentar o someter a contrastación. Aclarar esa paradoja. *Problema en lugar de ése*: Comentar el dicho paradójico atribuido al físico teórico L. BOITZMANN: "Nada tan práctico como la teoría".

11.1.4. Analizar el dicho "La prueba del flan se tiene al comerlo". ¿Vale para el conocimiento científico o sólo para las recetas de flanes? En general: ¿Qué es lo que *prueba* el éxito de una receta práctica? Tener en cuenta técnicas contemporáneas de mucho éxito, como el electrochoque para el tratamiento de la depresión, del que no se sabe por qué funciona. *Problema en lugar de ése*: Discutir la demostración por B. RUSSELL de que la concepción pragmatista de la verdad sostenida por W. James acarrea un regreso infinito. Cfr. *A History of Western Philosophy*, New York, Simon and Schuster, 1945, chapter xxix.

11.1.5. Mostrar las características del "pensamiento aproximado", el que se concentra en torno a las variables principales y opera con meros órdenes de magnitud, como frecuentemente ocurre al formular modelos teóricos preliminares, igual en la ciencia pura que en la aplicada. Cfr. P. E. MORSE and G. E. KIMBALL, *Methods of Operation Research*, New York, Technology Press of M. I. T. and Wiley; London, Chapman & Hall, 1951, pág. 38. *Problema en lugar de ése*: Mencionar algunas leyes y teorías de la tecnología, y esbozar cómo se establecen.

11.1.6. Considerar la ingeniería social y del comportamiento como sociología y psicología aplicadas. Analizar el uso de esas disciplinas en la planificación y la reforma social. *Problema en lugar de ése*: Considerar la pedagogía como una rama de la ingeniería del comportamiento, y estudiar si las teorías de la educación se someten a contrastación, y cómo, en caso de respuesta afirmativa.

11.1.7. Analizar la relación entre la psiquiatría, como rama de la medicina, y la biología, la bioquímica y la psicología. Comentar la revolución que está teniendo lugar en la psiquiatría gracias a la investigación sobre medicamentos psicológicos (psicofármacos). *Problema en lugar de ése*: Comparar algunas de

las líneas de investigación sobre la fecundidad y la contracepción por lo que hace a la profundidad de los problemas que tratan y al cuerpo de biología que utilizan. Considerar especialmente el control de la ovulación y la inhibición de la producción de espermatozoos.

11.1.8. La agrimensura es una de las técnicas más antiguas y exactas. Examinar los medios (técnicas) y los fines (catastros) de la agrimensura y mostrar cuáles son sus bases teóricas. *Problema en lugar de ése: Los* criterios de neurosis corrientemente usados (por ejemplo, el de Willoughby) se basan en la experiencia del estudio de casos. No tienen fundamento teórico, ni tampoco parece que se hayan aplicado a individuos normales para averiguar si son relevantes las discrepancias respecto de la normalidad. No hay siquiera criterio independiente de normalidad, como haría falta para la mera formación de grupos de control. ¿Qué miden más propiamente esos criterios? ¿La gravedad de una condición neurótica o la gravedad del actual estado de la psiquiatría?

11.1.9. Llevar a cabo un estudio lógico y epistemológico de alguna de las disciplinas siguientes: investigación operativa, teoría de juegos, teoría de la información. Investigar también si están relacionadas con teorías sustantivas, y, si lo están, de qué modo.

11.1.10. Estudiar el proyecto de cosas nuevas, como las fibras sintéticas. ¿Consisten siempre esos proyectos en combinar objetos existentes (es decir, en combinar piezas de materiales conocidos) de un modo nuevo? ¿Es posible para la ciencia y la tecnología crear nuevas sustancias y, por tanto, producir nuevas leyes naturales? Cfr. Secc. 6.8., *Problema en lugar de ése: Estudiar la posibilidad de que la concepción instrumentalista de la ciencia haya nacido de la confusión entre ciencia pura y ciencia aplicada.*

## 11.2. La Regla Tecnológica

Igual que la ciencia pura dirige su atención a esquemas objetivos o leyes, la investigación orientada a la acción aspira a establecer normas estables del comportamiento humano con éxito: esas normas estables son reglas. El estudio de las reglas -las reglas fundamentadas de la ciencia aplicada- es, pues, central en la filosofía de la tecnología.

Una regla *prescribe* un curso de acción: indica cómo debe uno proceder para conseguir un objetivo predeterminado. Más explícitamente: una regla es una instrucción para realizar un número finito de actos en un orden dado y con un objetivo también dado. El esqueleto de una regla puede simbolizarse por una cadena de signos, como 1-2-3-...-n, en la cual cada número representa un acto correspondiente; el último acto, n, es lo único que separa del objetivo al operador que haya ejecutado todas las operaciones menos n. A diferencia de las fórmulas legaliformes, que dicen cuál es la forma de hechos posibles, las reglas son normas. Se supone que el campo de la ley es la realidad entera, incluyendo a los que hacen o producen reglas; el campo de la regla es sólo la humanidad; son los hombres, y no las estrellas, los que pueden obedecer a reglas y violarlas, inventarlas y

perfeccionarlas. Los enunciados de leyes son descriptivos e interpretativos, mientras que las reglas son normativas. Consiguientemente, mientras que los enunciados legaliformes pueden ser más o menos verdaderos, las reglas sólo pueden ser más o menos efectivas.

Podemos distinguir los siguientes géneros de reglas: (i) *reglas de conducta* (reglas sociales, morales y legales); (ii) *reglas de trabajo precientífico* (recetas de las artes y oficios y de la producción); (iii) *reglas de signos* (reglas sintácticas y semánticas); (iv) *reglas de la ciencia y la tecnología*: reglas fundamentadas de la investigación y la acción. Las reglas de conducta hacen posible (y dura) la vida social. Las reglas del trabajo precientífico dominan la región de conocimiento práctico no sometida aún a control tecnológico. Las reglas de signos nos orientan en el uso de símbolos, prescriben el modo de producir, transformar e interpretar símbolos. Y las reglas de la ciencia y la tecnología son las normas que resumen las especiales técnicas de la investigación en la ciencia pura y la aplicada (por ejemplo, el muestreo al azar), y las especiales técnicas de la producción moderna progresada (por ejemplo, las técnicas de fusión por infrarrojo).

Muchas reglas de conducta, de trabajo y de signos son *convencionales*, en el sentido de que se adoptan sin razones especiales y de que pueden cambiarse por otras reglas con poco o ningún cambio concomitante en el resultado deseado. No son plenamente arbitrarias, pues su formación y adopción deben explicarse a base de leyes psicológicas y sociológicas, pero no son tampoco necesarias; las diferencias entre culturas son en gran parte diferencias entre sistemas de reglas de esa clase. No nos interesan esas reglas sin fundamento, o reglas convencionales, sino las fundamentales, esto es, las normas que satisfacen la siguiente *Definición*: Una regla es *fundada si y sólo si* se basa en un conjunto de fórmulas de leyes capaces de dar razón de su efectividad. La regla que manda quitarse el sombrero para saludar es infundada en el sentido de que no se basa en ninguna ley científica, sino que se ha adoptado convencionalmente. En cambio, la regla que prescribe engrasar periódicamente los automóviles se basa en la ley de que los lubricantes disminuyen el desgaste por fricción de las partes: ésta no es una convención ni una receta práctica como las de la cocina o la política; es una regla bien fundada. Más adelante dilucidaremos el concepto de fundamento de una regla en una ley.

Para decidir que una regla es efectiva es necesario, aunque no suficiente, mostrar que ha tenido éxito en un alto porcentaje de casos. Pero esos casos pueden ser meras coincidencias, como las que pueden haber consagrado los rituales mágicos que acompañaban las cacerías del hombre primitivo. Antes de adoptar una regla empíricamente efectiva tenemos que saber *por qué* es efectiva: debemos separarla o aislarla y conseguir una comprensión de un *modus operandi*. Esta exigencia de fundamentación señala el paso de las artes y oficios precientíficos a la tecnología contemporánea. Ahora bien: la única fundamentación válida de una regla es un sistema de

fórmulas legaliformes, porque sólo éstas pueden dar razón correcta de los hechos, en este caso del hecho de que la regla dada funcione. Con esto no se quiere decir que la efectividad de una regla dependa de que esté fundada o no lo esté, sino sólo que, para poder *juzgar si* una regla tiene alguna posibilidad de ser efectiva y para *mejorar* y *acaso sustituir* la regla por otra más efectiva, tenemos que descubrir los enunciados legaliformes subyacentes, si los hay. Pero podemos incluso dar un paso más y afirmar que la aplicación de reglas o recetas ciegas nunca ha sido rentable a largo plazo: la mejor línea de conducta consiste, primero, en intentar fundamentar nuestras reglas y, segundo, en intentar transformar algunas fórmulas legaliformes en reglas tecnológicas efectivas. El nacimiento y el desarrollo de la tecnología moderna son el resultado de esos dos movimientos.

Pero es más fácil predicar la fundamentación de las reglas que decir exactamente en qué consisten esos fundamentos. Intentemos una excursión por ese territorio inexplorado, que es el núcleo de la filosofía de la tecnología. Como suele ocurrir al acercarse a un tema nuevo, será conveniente empezar por Qnii!7ar un caso típico. Tomemos el enunciado de ley "El magnetismo desaparece por encima de la temperatura de Curie" (que para el hierro es de 7700C). Para fines de análisis será conveniente reformular nuestra ley como condicional explícito: "Si la temperatura de un cuerpo imantado rebasa su punto de Curie, entonces el cuerpo pierde su imantación". (Esta formulación es, ciertamente, una simplificación extrema, como cualquiera otra traducción de una ley científica al lenguaje común: el punto de Curie no es la temperatura a la cual desaparece todo magnetismo, sino el punto de conversión del ferromagnetismo en paramagnetismo, o a la inversa. Pero esa precisión es irrelevante para la mayoría de los fines tecnológicos.) Nuestro enunciado nomológico suministra la base del enunciado nomoprágmatco "Si se calienta un cuerpo imantado por encima de su punto de Curie, entonces pierde su imantación". (El predicado es, naturalmente, 'se calienta'. Sobre el concepto de enunciado nomoprágmatco, cfr. Secc. 6.5.) Este enunciado nomoprágmatco es a su vez el fundamento de dos reglas diferentes, a saber, R1: "Para desimantar un cuerpo, caliéntesele por encima de su punto de Curie", y R2: "Para evitar la desimantación de un cuerpo, no se le mantenga por encima de su punto de Curie". Las dos reglas tienen el mismo fundamento, esto es, el mismo enunciado nomoprágmatco subyacente, el cual se apoya a su vez en un enunciado nomológico del que se supone que representa una estructura objetiva. Además, las dos reglas son equieicientes, aunque no en las mismas circunstancias (sino que al cambiarse los objetivos se cambian los medios). Hasta este punto la situación puede caracterizarse por medio de la relación de presuposición —i, dilucidada en la Secc. 5.1:

*Enunciado nomológico f– Enunciado nomoprágmatco --i {Regla 1, Regla 2}*

\*Al nivel proposicional, la estructura del enunciado nomológico es la misma del enunciado nomoprágmatco, a saber, "A --> B". Una de las diferencias entre ambos se encuentra en la significación del símbolo antecedente 'A', que en el caso del enunciado nomológico se refiere a un hecho objetivo, mientras que en el caso de un enunciado nomoprágmatco se refiere a una operación humana. La Regla 1 puede simbolizarse escribiendo 'B per A', expresión que leeremos 'B por medio de A', o bien 'Para obtener B, hacer A' o 'Para el fin B, usar los medios A'. La estructura de la Regla 2 es en cambio '-B per -A', que puede leerse 'Para evitar B, no hacer A'. El consecuente de la fórmula legaliforme "A--> B" se ha convertido en el "antecedente" de la Regla R1, y el antecedente de aquella ley en el "consecuente" de esta regla. O, más bien, el antecedente lógico de la fórmula legaliforme y su negación son ahora los medios, mientras que el consecuente lógico y su negación son cada uno el fin de una regla. (Pero mientras que el antecedente de un enunciado legaliforme es suficiente para que ocurra el hecho al que se refiere el consecuente, el "consecuente" de la regla puede ser sólo necesario para alcanzar el objetivo expresado por el "antecedente".) Resumiremos los anteriores resultados en las siguientes fórmulas expresadas en el metalenguaje y válidas para leyes y reglas elementales:

"A--> B" fund ("B per A" vel "-B per -A") [11.11]

"B per A" aeq "-B per -A" [11.21]

En esa fórmula 'fund' significa "fundamenta" o "es el fundamento de" 'ver' representa "o", y 'aeq' significa "equieiciente". Al igual que 'per' son conectivas de reglas.

Obsérvense las profundas diferencias entre fórmulas legaliformes nomológicas y reglas. En primer lugar, los funtores 'fund' y 'aeq' no tienen equivalentes sintácticos. En segundo lugar, "B per A" no tiene valor veritativo. En cambio, las reglas tienen valores de efectividad. Más exactamente, podemos decir que una regla de la forma "B per A" tiene por lo menos uno de tres valores de efectividad: puede ser efectiva (valor que simbolizaremos por la cifra '1'), inefectiva ('0') o indeterminada (símbolo: '?'). Esta diferencia se capta del mejor modo comparando la tabla veritativa de "A--> B" con la tabla de eficiencia de la regla asociada "B per A":

TABLA VERITATIVA

DE LA LEY

"A → B"

A	B	A → B
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

TABLA DE EFECTIVIDAD

DE LA REGLA

"B per A"

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



Mientras que el condicional no es falso más que en el caso de que el antecedente sea verdadero y el consecuente falso, el único caso en que la regla es efectiva es aquel en el cual los medios  $A$  se aplican y se consigue el fin  $B$ . Podemos decidir que " $B$  per  $A$ " es inefectiva sólo cuando los medios estipulados,  $A$ , se ponen en práctica y no se obtiene el resultado deseado  $B$ . Pero si no aplicamos los medios (casos de las dos últimas filas de valores de la tabla), no podemos decidir acerca de la regla, se obtenga o no se obtenga el fin: de hecho no aplicar los medios indicados por la regla es pura y simplemente no aplicar la regla. La "lógica" de las reglas es, pues, al menos de tres valores.

Hemos dicho antes que " $B$  per  $A$ " y " $\neg B$  per  $\neg A$ " son equieicientes, aunque no en las mismas circunstancias. Esto significa que en cualquier caso hay por lo menos una combinación de medios y fines que cae bajo la regla, aunque la combinación no es la misma en los dos casos. De hecho, las tablas de efectividad de las dos reglas son diferentes, como muestra la siguiente tabla, en la cual se exponen las cuatro combinaciones posibles de medios y fines:

$A$	$\neg A$	$B$	$\neg B$	$B$ per $A$	$\neg B$ per $\neg A$	$\neg B$ per $A$	$B$ per $\neg A$
1	0	1	0	1	?	0	?
1	0	0	1	0	?	1	?
0	1	1	0	?	0	?	1
0	1	0	1	?	1	?	0

Se obtiene fácilmente una generalización obvia de las tablas anteriores haciendo que  $A$  y  $B$  tomen cualquiera de los tres valores 1, 0 y ? Y se obtiene una generalización en otro sentido sustituyendo '1' por la frecuencia relativa  $f$  de éxitos, y '0' por su complemento  $1-f$ .

La relación entre una fórmula nomológica como " $A \rightarrow B$ " y las reglas " $B$  per  $A$ " y " $\neg B$  per  $\neg A$ " no es lógica, sino pragmática. Estipulamos la relación sentando la siguiente *Metarregla*: Si " $A \rightarrow B$ " es una fórmula nomológica, pruébese con las reglas " $B$  per  $A$ " o " $\neg B$  per  $\neg A$ ". Nuestra regla dice 'pruébese con', y no 'adóptense', y ello por dos razones. En primer lugar, toda fórmula nomológica es rectificable, y, por tanto, la regla correspondiente puede experimentar alteraciones. En segundo lugar, una fórmula legaliforme puede referirse a un modelo demasiado idealizado de sistema concreto, en cuyo caso la regla correspondiente será ineficiente o casi ineficiente. Tomemos otra vez la ley de la desmagnetización. Al formular los enunciados legaliformes correspondientes (el nomológico y el nomoprágmatco), presupusimos que sólo son relevantes dos variables, a saber, la imantación y la temperatura: pasamos por alto la presión y otras variables que pueden producir diferencias. Aún más: ni siquiera planteamos el problema tecnológico de la construcción de un horno eficiente, rápido y barato para calentar el material, y tal que su composición química no se altera por el contacto con el aire durante la operación. Ahora bien.

La eliminación de algunos de esos "detalles" puede arruinar la eficiencia de la regla. Para tenerlos en cuenta necesitamos más enunciados legaliformes, incluso a veces teorías enteras o fragmentos de ellas. Pero hasta así puede resultar que, para ciertos fines, otro procedimiento basado en otras fórmulas de leyes (por ejemplo, la aplicación de un campo magnético decreciente alternativamente) sea más eficaz que el calentar. Inferimos de esto que la verdad de una fórmula legaliforme no *garantiza* la efectividad de las reglas basadas en ella. Por esta razón nuestra metarregla recomienda y no manda usar la regla " $B$  per  $A$ " una vez establecida como fórmula legaliforme " $A \rightarrow B$ ".

\*Si no podemos inferir la efectividad de una regla a partir de la verdad de la correspondiente fórmula legaliforme, ¿qué decir del procedimiento inverso? Éste está aún mucho menos garantizado. En realidad, puesto que la regla " $B$  per  $A$ " es efectiva si y sólo si tanto  $A$  como  $B$  se dan, podemos satisfacer esta condición adoptando alternativamente infinitas hipótesis, como " $A \& B$ ", " $A \vee B$ ", " $A \cdot B$ ", " $B \rightarrow A$ ", " $(A \& B) \& C$ ", " $(A \& B) \vee C$ ", " $(A \vee B) \& C$ ", " $(A \vee B) \vee C$ ", etcétera, con 'C' para designar una fórmula cualquiera. De todas esas infinitas hipótesis, sólo la tercera coincide con nuestro enunciado nomológico " $A \cdot B$ ". Dicho brevemente: dada una fórmula legaliforme nomológica, podemos *probar* con la regla correspondiente, como aconseja nuestra metarregla, pero dada una regla no podemos inferir *nada* acerca de la fórmula legaliforme subyacente. Todo lo que hace una regla con éxito -y ya es mucho- es apuntar las posibles *variables* relevantes y plantear el *problema* de descubrir la relación legal entre ellas.

Lo dicho tiene unas consecuencias importantes para la metodología de las reglas y para las interrelaciones entre ciencia pura y ciencia aplicada. Como se ve, no hay ningún camino único que lleve de la práctica al conocimiento, del éxito a la verdad: el éxito no permite una inferencia que vaya de la regla a la ley, sino que plantea el problema de explicar la visible eficiencia de la regla. Dicho de otro modo: los caminos que van del éxito a la verdad son infinitos y, consiguientemente, inútiles o poco menos: no hay manojos de reglas efectivas que pueda sugerir una teoría. Por otro lado, los caminos que van de la verdad al éxito no son muchos, y pueden, por tanto, recorrerse. Ésta es una de las razones por las cuales el éxito práctico, sea de un tratamiento médico o de una medida gubernativa, no es un criterio de verdad para las hipótesis subyacentes. Y por esa misma razón la tecnología, a diferencia de las artes y los oficios precientíficos, no parte de reglas para terminar con teorías, sino al revés. En resolución: ésa es la causa de que la tecnología sea ciencia aplicada, mientras que la ciencia no es tecnología purificada.

Los científicos y los tecnólogos elaboran reglas sobre la base de teorías que contienen enunciados legaliformes y supuestos auxiliares, y los técnicos aplican esas reglas junto con otras sin fundamento (precientíficas).

En cualquier caso hay hipótesis específicas que acompañan la aplicación de reglas, a saber, hipótesis *que* afirman que el caso considerado hace pertinente la regla porque tales o cuales variables puestas en relación por la regla- se dan efectivamente en él. En la ciencia esas hipótesis son susceptibles de contrastación, y **ello tanto en** la investigación pura cuanto en la aplicada. Pero en la práctica de la tecnología puede no haber tiempo más que para contrastarlas por la simple aplicación de las reglas junto con esos manojos de hipótesis: lo cual es realmente una contrastación muy pobre, porque el resultado negativo de la misma podrá achacarse tanto a las hipótesis cuanto a la regla o a las inciertas condiciones de aplicación.

A la vista de esas profundas diferencias entre fórmulas nomológicas y reglas, resulta injustificable la persistente confusión de unas con otras y, *lo* que es peor, la caracterización de las leyes como recetas prácticas. La confusión, con todo, puede explicarse por dos motivos. En primer lugar, todo enunciado legaliforme puede convertirse en fundamento de una o más reglas; así, dada una ley « $L(x, y)$ », que relacione las variables  $x$  e  $y$ , podemos prescribir: "Para medir o computar  $y$  a base de  $x$ , úsese ' $L(x, y)$ '". En segundo lugar, la mayoría de los filósofos no tienen presentes enunciados nomológicos propiamente dichos cuando hablan de leyes, sino más bien generalizaciones empíricas, a base de las cuales formulan generalizaciones análogas de naturaleza pragmática, o sea, enunciados que contienen predicados pragmáticos: en resolución, parten de enunciados nomopragmáticos pertenecientes al conocimiento ordinario, y a partir de éstos hay efectivamente poca distancia que recorrer para llegar a reglas. Por paradójico que pueda parecer, el hecho es que un tratamiento adecuado de los aspectos pragmáticos del conocimiento exige un planteamiento filosófico no pragmatista.

Preguntémonos, por último, cuáles son las peculiaridades de la previsión tecnológica.

## PROBLEMAS

11.2.1. Ilustrar los conceptos de regla de conducta, regla de trabajo, regla de signos y regla fundada.

11.2.2. Establecer un paralelismo entre una receta de cocina y una fórmula legaliforme. *Problema en lugar de ése*: Averiguar si las siguientes reglas son fundadas o no: (i) "Si no lo entiendes, o ponte a ello"; (ii) "Para curar a los pacientes mentales, apaléeseles"; (iii) "Para prevenir el crimen, castígueselo severamente".

11.2.3. Entre las reglas fundadas que se presentan en la ciencia pura y aplicada podemos distinguir *reglas de decisión* y *reglas de acción*, esto es, reglas que nos permiten hacer decisiones bien fundamentadas y reglas que nos orientan en la ejecución de esas decisiones. Ejemplificar y analizar esas dos clases de reglas.

11.2.4. Discutir si están justificados los siguientes usos del término 'regló

(i) La regla del paralelogramo de fuerzas en mecánica; (ii) la regla de la mano derecha y la regla de la mano izquierda en teoría electromagnética; (iii) la regla de la fase en termodinámica; (iv) la regla de cuantización en la teoría cuántica de Bohr y las reglas de conmutación y selección en la teoría cuántica moderna. *Problema en lugar de ése*: Discutir la tesis de que la forma tecnológica de enunciado legaliforme dice: "Es imposible construir  $x$ ". Cfr. K. R. POPPER, *The Poverty of Historicism*, 2nd. ed., London, Routledge & Kegan Paul, 1980, pág. 61.

11.2.5. Examinar la caracterización de las leyes de la naturaleza como recetas, *instrucciones* y reglas de comportamiento y procedimiento. Cfr. (i) E. MACH, *History and Root of the Principle of Conservation of Energy*, 1872, edición inglesa, Chicago, Open Court, 1911, pág. 55: La ley galileana " $s = gts/2$ " es "la regla de derivación por medio de la cual hallamos, para un  $t$  dado, la  $s$  correspondiente, y esto sustituye la tabla [de valores empíricamente hallados] que acabamos de mencionar, y lo hace de un modo completo, conveniente y resumido. Ahora bien: esta regla de derivación, esta fórmula, esta 'ley', no tiene en absoluto más valor que el agregado de hechos individuales a los que sustituye. Su valor para nosotros consiste estrictamente en la conveniencia de su uso: tiene un valor económico". (ii) M. SCHEICX, "Causality in Contemporary Physics", 1931, *British Journal for the Philosophy of Science*, XII, 177 y 281, 1961 y 1962. (iii) H. DINGLER, *Die Methode der Physik*, München, 1938.

11.2.6. ¿Carecen de fundamento las reglas establecidas arbitrariamente, esto es, por capricho? O sea, de la afirmación de que no están teóricamente justificadas, ¿se sigue que carezcan también de fundamento pragmático? ¿Y a qué tipo de lógica obedecen las reglas sin fundamento? *Problema en lugar de ése*: La efectividad de una regla puede medirse por su rendimiento. ¿Podría esa técnica de medición ahorrarnos el trabajo de explicar por qué funciona la regla en la medida en que lo haga?

11.2.7. ¿Es la fundamentación teórica de una regla condición necesaria, suficiente o ni necesaria ni suficiente para su adopción? *Problema en lugar de ése*: Una regla puede considerarse como una relación medios-fines según la cual los medios son en algún sentido necesarios para la consecución del fin. Discutir las siguientes formalizaciones de una regla (i) " $F \rightarrow M$ "; (ii) " $F \rightarrow E_j M$ "; 7 significa fines, 'M' medios, y el cuadrado representa el operador modal "es necesario que". Obsérvese que en ambos casos *a)* se tiene una proposición, *y b)* el concepto de necesidad usado no es necesariamente físico o pragmático.

11.2.8. Los psicoanalistas suelen decir que su sofá es la piedra de toque de sus hipótesis, indicando así que la teoría psicoanalista tiene que ser verdadera si la terapéutica psicoanalista es eficaz (cosa que no es, dicho sea de paso). Examinar esa argumentación. *Problema en lugar de ése*: La apologética religiosa y los políticos suponen que sus respectivas clientelas, actuales o históricas (argumento histórico), prueban la verdad de sus opiniones. ¿Es correcta esa pretensión?

11.2.9. Tanto la ciencia pura como la ciencia aplicada aplican y elaboran reglas. ¿Cuál es la diferencia entre una regla científica de procedimiento (por

ejemplo, una regla para teñir los tejidos orgánicos que hay que observar con el microscopio) y una regla tecnológica de procedimiento (por ejemplo, una regla para teñir tejidos industriales de tal o cual clase)? *Problema en lugar de ése*: Elaborar la definición de "regla fundada" propuesta en el texto, prestando especial atención al concepto de explicación de una regla a base de una ley. Cfr. la Secc. 9.5. sobre la explicación de leyes.

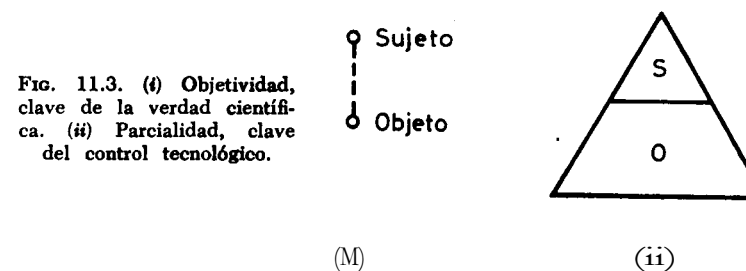
11.2.10. Considerar el principio "Toda regla tiene que ser fundamentada o rechazada en base al conocimiento científico". ¿Es una generalización de nuestra experiencia sobre reglas, una esperanza infundada o una metarregla programática justificada por la historia? *Problema en lugar de ése*: Establecer una relación entre la lógica de las reglas y la lógica de tres valores. Observar que si se completa la tabla de eficiencia de "B per A", atribuyendo a A y B valores intermedios, entonces esa tabla coincide plenamente con la tabla veritativa de la cuasi-implicación en la lógica de tres valores. Sobre esto último cfr., por ejemplo, H. REICHENBACH, *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*, Berkeley and Los Angeles, University of California Press, 1946, pág. 151.

### 11.3. La Previsión Tecnológica

Para la tecnología, el conocimiento es principalmente un medio que hay que aplicar para alcanzar ciertos fines prácticos. El objetivo de la tecnología es la acción con éxito, no el conocimiento puro, y, consiguientemente, toda la actitud del tecnólogo cuando aplica su conocimiento tecnológico es activa en el sentido de que, lejos de ser un mero espectador, aunque inquisitivo, o un diligente registrador, es un participante directo en los acontecimientos. Esta diferencia de actitud entre el tecnólogo en acción y el investigador -de especialidad pura o aplicada- introduce algunas diferencias también entre la previsión tecnológica y la predicción científica. (Sobre esta última, cfr. cap. 10.)

En primer lugar, mientras que la predicción científica dice lo que ocurrirá o puede ocurrir si se cumplen determinadas circunstancias, la previsión tecnológica sugiere cómo influir en las circunstancias para poder producir ciertos hechos, o evitarlos, cuando una u otra cosa no ocurrirían por sí mismas normalmente: una cosa es prever la órbita de un cometa y otra completamente distinta planear y prever la trayectoria de un satélite artificial. Esto último presupone una elección entre objetivos posibles, y una tal elección presupone a su vez cierta previsión de las posibilidades y su estimación a la luz de un conjunto de desiderata. De hecho, el tecnólogo hará su previsión a base de sus estimaciones (o las de quien le paga) acerca de cómo *debería* ser el futuro si se trata de satisfacer ciertos desiderata: a diferencia del científico puro, el tecnólogo está escasamente interesado por lo que ha de suceder; y lo que para el científico no es más que el estado final de un proceso se convierte para el tecnólogo en un objetivo estimable (o desestimable) que hay que conseguir (o evitar).

Una predicción científica típica tiene la forma "Si  $x$  ocurre en el momento  $t$ , entonces ocurrirá  $y$  en el momento  $t'$  con la probabilidad  $p$ ". En cambio, una previsión tecnológica típica es de la forma: "Si hay que conseguir  $y$  en el momento  $t'$  con probabilidad  $p$ , entonces hay que hacer  $x$  en el momento  $t$ ". Dado el objetivo, el tecnólogo indica los medios adecuados, y su previsión establece una relación medios-fin, no una relación entre un estado inicial y un estado final. Además, esos medios se realizan mediante un determinado conjunto de acciones entre las cuales se cuentan los actos del tecnólogo mismo. Esto nos lleva a una segunda peculiaridad de la previsión tecnológica: mientras que el éxito del científico depende de su capacidad de separar su objeto de sí mismo (especialmente cuando su objeto resulta ser un sujeto psicológico) -o sea, de su capacidad de distanciamiento-, la habilidad profesional del tecnólogo consiste en colocarse él mismo dentro del sistema en cuestión, en cabeza del mismo (Fig. 11.3).



Esto no le acarrea *subjetividad*, porque en sustancia el tecnólogo se basa en conocimiento objetivo suministrado por la ciencia; pero sí que acarrea parcialidad, un *parti gris* que no conoce el investigador puro. El ingeniero es parte de un complejo hombre-máquina; el psicólogo industrial es parte de una organización, y ambos están obligados a arbitrar y mejorar los medios óptimos para la consecución de desiderata que, por lo general, no eligen ellos mismos: ellos elaboran decisiones, pero no la política o conducta a seguir.

La previsión de un hecho o proceso situado fuera de nuestro control no cambiará el hecho o proceso mismo. Así, por ejemplo, por muy precisamente que prediga un astrónomo el choque de dos astros, este acontecimiento se producirá según su propio curso. Pero si un geólogo aplicado consigue prever un deslizamiento de tierras, podrán evitarse algunas de sus consecuencias. Aún más: proyectando y supervisando las adecuadas obras de defensa, el ingeniero puede hasta evitar el deslizamiento de tierras, es decir, puede trazar la secuencia de acciones capaz de refutar la previsión inicial. Análogamente, un complejo industrial puede pronosticar las ventas del futuro próximo en base a la suposición (un tanto frágil) de que continuará durante ese lapso de tiempo un determinado estado de la economía, por ejemplo una situación de prosperidad. Pero si una recesión

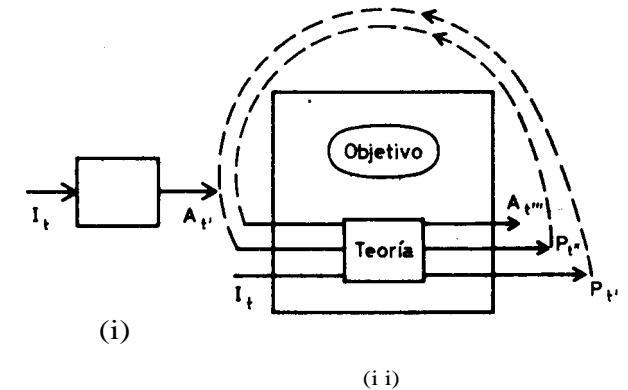
falsa ese supuesto y la empresa había acumulado grandes *stocks* de los que tiene que desprenderse, entonces la dirección, **en vez de hacer nuevas previsiones de venta** (como seguramente haría el científico puro en su campo en situación análoga), intentará *forzar* la realización de las anteriores previsiones aumentando la publicidad, bajando los precios de venta, etcétera. Como en el caso de los procesos vitales, se probará sucesiva o simultáneamente con toda una serie de medios diversos para alcanzar un objetivo fijado. Y para ello habrá probablemente que sacrificar numerosas hipótesis iniciales: en el caso del deslizamiento de tierras, la hipótesis de que no habría fuerzas externas que se opusieran al proceso; en el caso de las ventas, la hipótesis de que persistiría la prosperidad. Consiguientemente, el que la previsión inicial sea *falcada por la fuerza* (como en el caso **del deslizamiento de tierras**) o *confirmada por la fuerza* (como en el caso de la previsión de ventas) no puede considerarse contrastación de las hipótesis implicadas: ese hecho será sólo una contrastación de la eficiencia de las reglas aplicadas. En cambio, el científico puro no tiene nunca que preocuparse de cambiar los medios utilizados para alcanzar un objetivo predeterminado, porque la ciencia pura *no tiene* objetivos externos a ella misma.

En suma, la previsión tecnológica no puede usarse para contrastar hipótesis, ni pretende que se haga de ella ese uso: su uso adecuado se orienta al control de cosas u hombres mediante el cambio del curso de los acontecimientos, acaso hasta el punto de detenerlo totalmente; o bien se orienta a forzar el curso predicho de los hechos, aunque interfieran con él acontecimientos impredecibles. Eso vale para las previsiones hechas en ingeniería, medicina, economía, sociología aplicada, ciencia política y otras tecnologías: la mera formulación de una previsión (pronóstico, predicción laxa o predicción propiamente dicha), comunicada a los que elaboran las decisiones, puede ser recogida por éstos para dirigir el curso de los hechos consiguiendo así, si se desean, resultados diferentes de los inicialmente previstos.

Este cambio, apoyado precisamente en la formulación de la previsión, puede contribuir a la confirmación de ésta (previsión auto-satisfactora) o a su refutación (previsión auto-destructora). Este rasgo de la previsión tecnológica no dimana de ninguna propiedad lógica de la misma: es un esquema de la acción social que supone el conocimiento de previsiones, y, como es natural, resulta de suma importancia en la sociedad moderna. Por tanto, en vez de analizar la lógica de la previsión causalmente efectiva debemos empezar por distinguir en ella tres niveles: (i) el nivel conceptual, en el que se encuentra la predicción  $p$ ; (ii) el nivel psicológico, que es el conocimiento de  $p$  y las reacciones desencadenadas por ese conocimiento; y (iii) el nivel social, que son las acciones efectivamente realizadas sobre la base del conocimiento de  $p$  y al servicio de objetivos extracientíficos. Este tercer nivel es propio de la previsión tecnológica.

Este rasgo de la previsión tecnológica separa al hombre civilizado de todo otro sistema. Un sistema no predictivo, sea una caja negra o una rana, alimentado con información que pueda digerir, la elaborará y la convertirá en acción en algún momento posterior. Pero un tal sistema no produce intencionadamente tan gran parte de información, ni formula proyecciones capaces de alterar su propio comportamiento futuro (Figura 11.4(i)). Un "predicador" -un hombre racional, un equipo de tecnólogos o un autómata suficientemente complicado- puede comportarse de un modo completamente distinto. Alimentado con información relevante,  $I_t$ , en el momento  $t$ , puede elaborarla con la ayuda del conocimiento (o de las instrucciones) de que dispone, y acaso formular una predicción,  $P_t$ , en un momento posterior,  $t'$ . Esta predicción puede introducirse de nuevo en el sistema y compararse con el fin preestablecido,  $F$ , que controla todo el proceso (sin causarlo ni suministrarle energía). Si los dos datos son

Fmc. 11.4. (i) Sistema no-predictivo (por ejemplo, una rana). (ii) Sistema predictivo (por ejemplo, un ingeniero): las predicciones realimentan (*lead back*) el sistema y se corrigen, y se elabora un nuevo curso de acción,  $A$ , si  $P_t$  es suficientemente próximo a  $F$ .



suficientemente parecidos, el sistema toma una decisión que puede llevarle a obrar para beneficiarse del curso de los acontecimientos. En cambio, si la predicción difiere considerablemente del fin, la diferencia desencadenará de nuevo el mecanismo teórico, que elaborará una nueva estrategia: en el momento  $t''$  se formulará tal vez una nueva predicción  $P_{t''}$ , una previsión con una referencia a la participación del sistema mismo en los acontecimientos. La nueva predicción vuelve a alimentar el sistema y si sigue siendo muy diferente del objetivo o fin, se desencadenará un nuevo ciclo de corrección, y así hasta que la diferencia entre la predicción y el objetivo o fin se haga despreciable, momento en el cual el mecanismo predictivo del sistema se detendrá. A partir de ese momento, el sistema recogerá más información sobre la situación presente y obrará conforme a la estrategia que ha elaborado. Esa estrategia puede haber requerido no sólo nueva información sobre el mundo externo (incluyendo en ella las actitudes y las

capacidades de los individuos afectados o relevantes), sino también nuevas hipótesis o hasta teorías que no estaban presentes en las instrucciones inicialmente recibidas por el predictor. Si éste no registra ese conocimiento adicional, o si no lo obtiene y utiliza, sus acciones serán probablemente ineficaces. Moraleja: cuantos más cerebros, mejor.

Ese proceso autocorrector, basado en la realimentación del predictor por las predicciones, no tiene por qué tener lugar siempre al nivel conceptual. Pueden construirse autómatas, máquinas que imiten (con procesos puramente físicos) algunos rasgos de ese comportamiento. Pero esa imitación no podrá ser sino parcial. De hecho, aunque pueden *almacenar* teorías, y con ellas instrucciones claras para usarlas, las máquinas automáticas carecen de dos capacidades: (i) no tienen *juicio*, "olfato", para aplicarlas, es decir, para elegir la teoría más prometedora, o para hacer otras hipótesis simplificadoras más, y (ii) no pueden *inventar* nuevas teorías para hacer frente a situaciones nuevas, no predichas por el constructor del autómata y para las cuales sean irrelevantes las teorías almacenadas en la máquina. Y los autómatas no pueden inventar teorías porque no existen técnicas para la construcción de teorías apartir de datos y en un vacío psicológico y cultural, ya por el hecho de que ningún conjunto de datos puede plantear por sí mismo los problemas que se supone resuelve una teoría. Y si no existe ninguna técnica para la construcción de teorías, tampoco puede alimentarse la calculadora con ningún conjunto de instrucciones para la elaboración de teorías. (Además, el *output* de una calculadora es un mensaje cifrado, como, por ejemplo, una tira de papel perforada.

Para conseguir un conjunto de ideas hay que empezar por descifrar ese mensaje y "leerlo" o interpretarlo. Y aunque el descifrado puede hacerse automáticamente por la calculadora misma, la interpretación requiere un cerebro bien entrenado y empapado de conocimiento relevante. Supongamos que una calculadora inventara una nueva teoría. ¿Cómo podemos saber que ha ocurrido eso? Por tratarse de una nueva teoría, usará conceptos nuevos, algunos de ellos primitivos o no-definidos; esos conceptos nuevos estarán designados por nuevos símbolos o nuevas combinaciones de símbolos viejos, y, en cualquier caso, se carecerá de hilos conductores para su descifrado: si existieran tales guías para descifrarlos, entonces es que la teoría no sería genuinamente nueva. Pero si no hay descifrado no puede haber interpretación: el mensaje es ininteligible, o sea, no es ningún mensaje, y podemos perfectamente suponer que la máquina se ha estropeado o ha fallado.)

La anterior exposición de la previsión tecnológica se basa en el supuesto de que esa previsión descansa en alguna teoría, o más bien en algunas teorías, sustantivas u operativas. Este supuesto puede parecer injustificado a quienes saben que las previsiones formuladas por técnicos de la medicina, las finanzas o la política tienen frecuentemente éxito pese a no supo-

ner mucha teoría. Eso es verdad: la mayoría de las veces los *pronósticos de los especialistas* se basan en generalizaciones inductivas (empíricas) de la forma "A y B ocurren conjuntamente con la frecuencia observada f", o incluso meramente "A y B ocurren conjuntamente en la mayoría de los casos", o "Generalmente, cuando se da A se da B". La observación de que un individuo dado, por ejemplo, un sujeto humano o una concreta situación económica, tiene la propiedad A se usa entonces para pronosticar que tiene o tendrá la propiedad B. En la vida ordinaria no pasamos de pronósticos de esa naturaleza, y lo mismo puede decirse de la mayoría de los pronósticos hechos por especialistas técnicos. A veces esos pronósticos hechos con la ayuda del conocimiento ordinario, o de conocimiento especializado, pero no científico, tienen más éxito que los hechos con teorías que cumplen todos los requisitos, pero son falsos o groseramente aproximados; en muchos campos, sin embargo, la frecuencia de aciertos no supera la obtenida lanzando una moneda. Lo importante, empero, es que la previsión del especialista técnico que no usa teoría científica no es una actividad científica, y ello ya en razón de la definición de "predicción científica" (Secc. 10.1).

Pero sería un error pensar que los técnicos no hacen uso de *conocimiento especializado* cuando no utilizan teorías científicas: siempre juzgan sobre la base de algún conocimiento especial. Sólo que el conocimiento del técnico no es siempre explícito y articulado, razón por la cual no es tampoco fácilmente controlable: es un conocimiento que no aprende ágilmente de los fracasos y que resulta difícil de contrastar. Para el progreso de la ciencia, el fallo de una predicción científica es con mucho preferible al éxito de un pronóstico de técnico porque el fracaso científico puede realimentar la teoría causante de él y damos así una posibilidad de mejorarla, mientras que en el caso del conocimiento del técnico especialista no hay teoría en la cual reintroducir nada. Sólo a propósito de fines prácticos inmediatos son los pronósticos del técnico, basados en generalizaciones superficiales, pero bien confirmadas, preferibles a las arriesgadas predicciones científicas.

Otra diferencia entre el pronóstico del técnico y la previsión tecnológica propiamente dicha puede parecer la siguiente: el primero se basa más intensamente que la predicción científica en la *intuición*. Pero la diferencia es más de grado que de clase. El diagnóstico y la previsión, igual en la ciencia pura que en la aplicada o en las artes y oficios, suponen intuiciones de varias clases: la rápida identificación de una cosa, acontecimiento o signo; la captación clara, aunque no necesariamente profunda, de la significación y/o de las relaciones recíprocas de un conjunto de signos (texto, tabla, diagrama, etc.); la capacidad de interpretar símbolos; la de formar modelos espaciales; la habilidad en la captación de analogías; la imaginación creadora; la inferencia catalítica, esto es, el paso rápido de algunas premisas a otras fórmulas saltándose pasos intermedios; la capa-

cidad de síntesis, o visión sintética; el sentido común (lo que quiere decir, control de la arbitrariedad) y juicio sano. Esas capacidades se combinan con el conocimiento especializado, científico o no, y se refuerzan con la práctica. Sin todo eso no se podrían inventar ni aplicar teorías, pero, desde luego, ello no quiere decir que tales capacidades sean potencias supraracionales. La intuición es valiosa mientras va controlada por la razón y el experimento: sólo hay que temer la sustitución de la teoría o el experimento por la intuición.

Un peligro relacionado con ése se presenta con *los instrumentos pseudo-científicos de proyección*, tan corrientes en la psicología y la sociología aplicadas. Se han elaborado unas cuantas técnicas para prever el rendimiento de personal, de estudiantes y hasta de los psicólogos mismos. Algunos tests de ese tipo, los objetivos, son algo de fiar, por ejemplo, los de inteligencia y habilidad. Pero la mayoría, particularmente los tests subjetivos (la "estimación global" de la personalidad mediante entrevistas, el test de apercepción temática, el test de Rorschach, etc.) son en el mejor de los casos ineficientes y en el peor de los casos confusionarios. Cada vez que se han sometido a contrastación sus resultados entendidos como predicciones -esto es, cada vez que sus resultados se han comparado con el efectivo rendimiento de los sujetos-, aquellos tests han fallado. El fallo de la mayoría de los tests psicológicos, y especialmente de los subjetivos, no es un fallo de la idea misma del test psicológico: la causa de esos fracasos es la ausencia total o la falsedad de las teorías psicológicas subyacentes. Someter a test las capacidades humanas sin establecer antes *leyes* que correlacionen índices objetivos de capacidades o de rasgos personales es tan insensato como el pedir a un primitivo que practique un test de rendimiento sobre aviones. Mientras no se tengan firmes fundamentos teóricos del test psicológico, su utilización como instrumento de predicción es tan mala como la de la contemplación de la bola de cristal o la decisión por lanzamiento de una moneda a cara o cruz: son prácticamente ineficientes y, aunque tuvieran éxito, no contribuirían al desarrollo de la teoría psicológica. El limitado éxito de los tests psicológicos ha llevado a muchos a desesperar respecto de la posibilidad de hallar un planteamiento científico del estudio del comportamiento humano; pero lo que en realidad hay que inferir es que el intento de conseguir dicho planteamiento no se ha producido sino cuando ya habían invadido el mercado bastantes supuestos tests. Lo malo de la mayor parte de la psicología "aplicada" (educativa, industrial, etc.) es que *no* consiste en una aplicación de la psicología científica. Y la conclusión es que las necesidades prácticas -como las de selección y entrenamiento del personal- no deben imponer la construcción de precipitadas "tecnologías" sin ciencia subyacente.

La previsión tecnológica debiera ser máximamente *confiable*. Esta condición excluye de la práctica tecnológica -pero no de la investigación tecnológica- las teorías insuficientemente contrastadas. Dicho de otro modo:

la tecnología tendrá que preferir en última instancia una vieja teoría que haya prestado distinguidos servicios en un dominio limitado y con una imprecisión conocida a una nueva y audaz teoría que prometa previsiones antes inauditas, pero que probablemente es más compleja y, en parte por eso, menos contrastada. Sería irresponsable el comportamiento de un técnico que aplicara en la práctica una nueva idea sin haberla sometido a contrastación en circunstancias controladas. (Cosa que, desgraciadamente, sigue haciendo la industria farmacéutica; recuérdese el escándalo de los medicamentos mutagénicos en la década de 1960.) La práctica, incluida la tecnología, tiene que ser más conservadora que la ciencia. Consiguientemente, los efectos de una íntima asociación de la investigación pura con la aplicada y de esta última con la producción no son siempre ni totalmente beneficiosos: es verdad que la tecnología desafía y estimula a la ciencia con nuevos problemas y le suministra nuevos instrumentos para la consecución y la elaboración de datos; pero no lo es menos que la tecnología, por su misma insistencia en la seguridad, la normalización o estandarización (*rutinización*) y la rapidez -a costa de la profundidad, el alcance, la precisión y la asertabilidad- puede retrasar el progreso de la ciencia.

Es claro que la fiabilidad o seguridad, desideratum de la previsión tecnológica, no resulta siempre conseguible. He aquí fuentes frecuentes de incertidumbre: (i) falta de teoría adecuada y/o de información adecuada, y (ii) "ruido" o variación casual de factores no controlados. Esas deficiencias son las que más agudamente se sienten en el caso de la tecnología, a causa de la complejidad del sistema que maneja y del imperfecto control de sus variables (control que no puede conseguirse más que en las condiciones artificiales ofrecidas por un laboratorio o por unas pocas industrias de alta precisión). Un tercer factor de incertidumbre en materia de previsión tecnológica es que a menudo ésta consiste en una proyección desde un modelo a un sistema real muy alejado del modelo: puede llamarse a esto *extrapolación cualitativa*, para distinguirla de la extrapolación cuantitativa que se refiere a uno y el mismo sistema. Ejemplos: el ingeniero puede construir un modelo a escala reducida de un dique y estudiar así su comportamiento antes de la construcción del modelo a gran escala; el ingeniero aeronáutico puede construir un avión a escala reducida y probarlo en el túnel de viento; y el farmacólogo y el médico investigador pueden tomar cerdos o monos -mejor cerdos- como modelos materiales del hombre.

También en la ciencia pura se hacen tales modelos materiales y las correspondientes extrapolaciones: el biólogo experimentará *in vitro* con cultivos antes de hacerlo *in vivo*, y el psicólogo estudiará cómo el aislamiento afecta el comportamiento de los monos, como guía para su estudio del comportamiento humano. Pero la *finalidad* del uso de esos modelos materiales es del todo diferente: el científico desea descubrir y contrastar

generalizaciones que puedan extrapolarse al sistema que en última instancia le interesa, mientras que el tecnólogo usa modelos materiales para contrastar sus reglas y planos en cuanto a efectividad de un modo fácil y barato: si el modelo material se comporta como estaba previsto puede intentarse pasar ya al sistema que interesa (dique, avión, paciente). Al dar ese paso pueden producirse hechos imprevistos, porque en el sistema real aparecerán algunas variables nuevas, desconocidas en su mayor parte, y porque el control de cada variable es ya poco menos que imposible. La diferencia entre el rendimiento efectivo y el previsto llevará, naturalmente, a alteraciones de los planos originales y probablemente también de las reglas, de tal modo que puedan hacerse nuevas previsiones con menor error. El proceso se autocorriga, pero no está nunca a prueba de cualquier error. Por tanto, el filósofo de la tecnología, igual que el de la ciencia pura, debe confiar en la posibilidad del progreso y, a la vez, estar seguro de la inevitabilidad del error.

Con esto termina nuestra explicación de la aplicación de las ideas científicas. Pasemos ahora a los problemas de su contrastación.

## PROBLEMAS

11.3.1. Proponer ejemplos de previsiones de técnicos y de predicción tecnológica propiamente dicha. *Problema en lugar de ése*: J. S. HUXLEY y P. DEANE, en *The Future of the Colonies*, London, Pilot Press, 1944, anticiparon cierto número de rasgos de las nuevas naciones asiáticas y africanas. ¿Fue una profecía, un pronóstico, una predicción científica o una previsión tecnológica?

11.3.2. ¿Es más de fiar el *output* de una máquina que el comportamiento humano? Consultar a un técnico especialista. Sobre causas posibles de comportamiento impredecible de las calculadoras cfr. S. SCRIVEN, "The Compleat Robot", en S. HOOX, ed., *Dimensions of Mind*, New York, New York University Press, 1960, págs. 121-122. *Problema en lugar de ése*: Examinar las previsiones referentes a desarrollos de calculadoras hechas por H. A. SIMON y A. NEWELL, "Heuristic Problem-Solving: The Next Advancement in Operations Research", *Operations Research*, 6, 1, 1958, y R. W. HAMMINC, "Intellectual Implications of the Computer Revolution", *American Mathematical Monthly*, 70, 4, 1963.

11.3.3. Los costes de producción de nuevo equipo suelen subestimarse según un factor que va de 2 a 20. ¿Por qué? Cfr. C. HITCH, "Uncertainties in Operations Research", *Operations Research*, 8, 437, 1960. *Problema en lugar de ése*: ¿Cómo se estima la viabilidad de una nueva cosa o un nuevo procedimiento? En particular, ¿cómo se estiman los dispositivos tecnológicos de alto nivel (por ejemplo, el control de la energía termonuclear)?

11.3.4. Sobre la base de experimentos de laboratorio y de campo, los radiobiólogos han hecho las siguientes previsiones referentes a los daños producidos por las radiaciones emitidas en las explosiones nucleares. (i) "Si el nivel de ra-

diación rebasa los 5 roentgen, mata todos los árboles". (ii) "Si el nivel de radiación rebasa los 500 roentgen, mata a todos los hombres". (iii) "Si el nivel de radiación rebasa esas cifras y llega hasta los 50.000 roentgen, se salvan la mayoría de las bacterias y algunos insectos y muere todo lo demás". Hacer las previsiones correspondientes sobre los posibles efectos de una guerra nuclear. *Problema en lugar de ése*: De los dos comportamientos siguientes, ¿cuál es más adecuado para permitir prever y acaso dominar hechos hoy impredecibles, como los terremotos y el cáncer? Seguir recolectando datos sobre ellos o intentar teorías sobre sus mecanismos.

11.3.5. Estudiar el papel de la previsión en las tácticas y la estrategia de un partido político que se proponga conseguir el poder en un plazo determinado. *Problema en lugar de ése*: Estudiar un problema de previsión tecnológica tratado en las revistas *Operations Research* o *Management Science*.

11.3.6. Hacer un detallado estudio del proceso que lleva del laboratorio de investigación química a la planta piloto y luego a la planta industrial. En particular, estudiar las fuentes de incertidumbre de la previsión hecha, en base a los resultados de laboratorio, sobre los rendimientos de la planta piloto y, en base a éstos, sobre los de la planta industrial. *Problema en lugar de ése*: La previsión tecnológica se hace con la ayuda de teorías. ¿Qué pasa con la previsión del éxito de la previsión tecnológica?

11.3.7. Los psicoanalistas sostienen que no necesitan realizar experimentos de laboratorio ni obtener o elaborar estadísticas porque la teoría psicoanalítica -o lo que se considera tal- ha quedado suficientemente probada en los sofás de los consultorios. En cambio, las estadísticas y los experimentos con grupos de control han establecido que la terapéutica psicoanalítica es en el mejor de los casos inocua. Analizar la situación. Cfr. H. J. EYSENGS, ed., *Handbook of Abnormal Psychology*, London, Pitman Medical Co., 1960, chap. 18, con la bibliografía allí citada. *Problema en lugar de ése*: La obra de I. Pavlov sobre los reflejos condicionados y la teoría del aprendizaje de C. L. Hull, relacionada con aquélla, se han convertido en la base de una nueva psicoterapia basada en la hipótesis central de que los síntomas neuróticos son respuestas condicionadas y mal adaptadas; por tanto, la curación de la neurosis consistiría en desaprender esos hábitos indeseables. Cfr. J. WOLPE, *Behavior Therapy Techniques*, Oxford, Pergamon, 1966. Comparar esta situación de una ciencia aplicada con la de una psiquiatría sin teoría científica subyacente o basada en una doctrina pseudocientífica.

11.3.8. Algunas técnicas proyectivas como el test de Rorschach se presentan con la pretensión de que son capaces de predecir comportamiento abierto mediante el descubrimiento de rasgos ocultos de la personalidad, sobre la base de la conjetura "El comportamiento está dinámicamente motivado" (suponiendo que tenga algún sentido la expresión 'motivación dinámica'). En el mejor de los casos, la correlación entre las necesidades y el comportamiento abierto, obtenida con la ayuda de técnicas proyectivas, es de 0,4. Estudiar esta situación y, en particular, averiguar si el fracaso de las técnicas proyectivas se debe (i) a la falsedad de la hipótesis subyacente (la cual es demasiado gramática y, a la

vez, demasiado vaga), o (ii) a la falta de una teoría en la que se inserten las hipótesis. Para una estimación de las técnicas de proyección puede verse el trabajo de K. B. LITTLE, "Problems in the Validation of Projective Techniques", *Journal of Projective Techniques*, 23, 287, 1959. Véanse los *Psychological Abstracts* en busca de trabajos más recientes. **Problema en lugar de éste:** Discutir el problema ético suscitado por el uso de procedimientos infundados (como las técnicas proyectivas) para la captación de rasgos de la personalidad y la previsión de comportamiento, y examinar las implicaciones éticas de la tecnología en general.

11.3.9. Estudiar la previsión de inventos tecnológicos concretos, como la practican habitualmente los individuos que formulan las decisiones en los institutos de investigación aplicada. En particular, examinar la frase 'La línea de investigación propuesta es científicamente [o técnicamente] posible'. ¿Es esa frase refutable? Cfr. A. W. MARSHALL y W. H. MECKLING, 'Predictability of Costs, Time, and Success of Development', en National Bureau of Economic Research, *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton, Princeton University Press, 1962. **Problema en lugar de éste:** Comparar los particulares inventos concretos con el resultado inventivo total a largo plazo, y sus correspondientes previsiones. Sobre lo último, véase H. C. LEHMAN, "The Exponential Increase of Man's Cultural Output", *Social Forces*, 25, 281, 1947. Sobre extrapolaciones en base a esa línea tendencia (curva exponencial), cfr. H. HART, "Acceleration in Social Change", y "Predicting Future Trends", en F. R. ALLEN et al., *Technology and Social Change*, New York, Appleton-Century-Crofts, 1957. Cfr. también Problema 10.3.9.

11.3.10. Estudiar el problema de las previsiones autosatisfactorias y auto-destructoras, lo que los economistas llaman el efecto Morgenstern y Popper el efecto Edipo. Cfr. R. K. MERTON, *Social Theory and Social Structure*, 2nd ed., Glencoe, Ill., The Free Press, 1957, págs. 128 ss., y chap. xi, y R. C. BUCARON, «Reflexive Predictions», *Philosophy of Science*, 30, 359, 1963. **Problema en lugar de éste:** ¿Podríamos predecir la autosatisfacción (o la autodestrucción) de una previsión? La predicción de un resultado que lleva a la refutación forzosa de una previsión, ¿es contradictoria con la previsión misma? Si lo es, ¿importa? ¿Y sería posible llevar a cabo tales predicciones con la ayuda de leyes (por el momento desconocidas) de la psicología social?

## BIBLIOGRAFIA

- R. L. ACKOFF, *Scientific Method: Optimizing Applied Research Decisions*, New York and London, John Wiley & Sons, 1962.
- T. BOMEL, *Science et technique*, Neuchâtel, Ed. du Griffon, 1955.
- G. S. BROWN, "New Horizon in Engineering Education", *Daedalus*, 92, 341, 1982.
- M. BUÑCE, "Tecnología, ciencia y filosofía", *Anales de la Universidad de Chile*, CXXI, núm. 128, 84, 1963.
- "Philosophical inputs and outputs of technology", en G. Bugliarello y D. B. Donner, eds., *The History and Philosophy of Technology*, Urbana, Ill., University of Illinois Press, 1979.

- A. CHANDLER, *Making and Knowing in Hobbes, Vico and Dewey*, Los Angeles, University of California Press, 1953.
- C. W. CUMMINGS y R. L. ACLOFF and E. L. ARNOFF, *Introduction to Operations Research*, New York and London, John Wiley, 1957.
- T. KOTWINSKI, *Praxiology. An Introduction to the Science of Efficient Action*, Oxford, Pergamon, 1985.
- H. LE CHATELIER, *De la méthode dans les sciences expérimentales*, Paris, Dunod, 1938, chaps. 10-13.
- C. MURPHY and R. MACKAY, eds., *Philosophy and Technology*, Riverside, N. J., The Free Press, 1972.
- P. M. MOSELEY and G. E. KIMBALL, *Methods of Operations Research*, New York, Technology Press of the M. I. T. and John Wiley & Sons; London, Chapman & Hall, 1951.
- F. RAPP, *Analytical Philosophy of Technology*, Dordrecht-Boston, 1981.
- ed., *Contributions to a Philosophy of Technology*, Dordrecht, Reidel, 1974.
- N. RESCHER, ed., *The Logic of Action and Preference*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 1968.
- H. A. SIMON, *The New Science of Management Decision*, New York, Harper & Row, 1960.
- P. SUPPES, "The Philosophical Relevance of Decision Theory", *Journal of Philosophy*, LVIII, *Technology and Culture*, II, N° 4, 1961, número dedicado a Ciencia e Ingeniería.