

nerse a proposiciones de otra clase, a saber, a proposiciones empíricas particulares también llamables *datos*, esto es, elementos de información. Un dato no es una hipótesis: cualquier hipótesis va más allá de la evidencia (datos) que intenta explicar. Esto es: las hipótesis tienen un contenido más considerable que el de las proposiciones empíricas cubiertas por ellas. La información de que la aguja de un determinado aparato de medición está coincidiendo con la señal 110 volt es un dato empírico singular: esa afirmación puede contrastarse por mera inspección visual. (En general, hacen falta experiencias, sueltas o en haces, para corroborar datos empíricos singulares. Pero no son suficientes: siempre se necesita además algún elemento teórico.) Pero no es ya un dato, sino una hipótesis, la afirmación de que ese dato indica la presencia de una corriente eléctrica en el aparato. Pues (i) las corrientes eléctricas son conjeturables, pero no observables, y (ii) la hipótesis puede resultar falsa, por ejemplo, si el aparato está estropeado, de tal modo que su indicación sea falsa.

Obsérvese que los datos singulares son en principio tan corregibles como las hipótesis: no difieren de las hipótesis por lo que hace a la condición (ii), corregibilidad o rectificabilidad, sino respecto de la condición (i): efectivamente, los datos se refieren a experiencias *efectuadas*, ya sea objetivables, intersubjetivas (por ejemplo, observaciones), ya sean de otro tipo (*Erlebnisse* [vivencias]). Obsérvese también que las hipótesis no expresan experiencias simples, pero ese hecho no les impide resumir en algunos casos experiencias; esto ocurre señaladamente cuando son simples generalizaciones de experiencias singulares, o sea, generalizaciones empíricas. Si " $P(a)$ ", " $P(b)$ ", ..., " $P(n)$ " son proposiciones singulares que expresan cada una una experiencia de un cierto tipo, su conjunción –o sea, la proposición universal ligada " $(x)P(x)$ "– es una total condensación de experiencias singulares (datos). Pero ella misma no es un dato, sino una construcción lógica a partir de datos. (Las hipótesis científicas más interesantes contienen predicados no-observacionales, y no pueden reducirse a conjunciones de datos.) Otra característica que vale la pena mencionar es que, por no referir directamente a experiencias singulares, las hipótesis no pueden quedar establecidas por una sola experiencia: los datos sueltos no pueden establecer, sino sólo refutar hipótesis. En cuarto lugar, la condición de rectificabilidad de nuestra definición es necesaria para distinguir entre las hipótesis y proposiciones de otras clases. Así, por ejemplo, "Dios es omnipotente" no refiere a ningún hecho experimentado o experienciable: cumple la condición (i), pero viola la condición (ii), puesto que no se considera rectificable en el contexto en el cual tiene sentido. (En el contexto del ateísmo no es ni siquiera una proposición, puesto que ni ella ni su negación son verdaderas.)

El centro de la actividad cognoscitiva de los seres humanos son las hipótesis, y no los datos. Los datos se acumulan para utilizarlos como evidencia en favor o en contra de hipótesis; y hasta la mera recolección de datos presupone un núcleo de hipótesis (por ejemplo, que hay algo observable, que los medios de observación son adecuados o pueden corregirse, etc.). Considérese el procedimiento de un médico práctico cuando se enfrenta con un caso. No empieza por observar a su paciente de un modo cualquiera y sin prejuicios, sin más finalidad que la de obtener datos en bruto y de cualquier clase interpretable. La misma recolección de datos va, por el contrario, guiada y justificada por ciertas hipótesis que subyacen a su procedimiento empírico. Así, por ejemplo, la auscul-

tación, la exploración por el tacto, el uso de instrumentos, cada una de esas maneras de proceder a la búsqueda de datos presupone un cuerpo de hipótesis anatómicas, fisiológicas y hasta físicas. Los datos que obtiene con la ayuda de tales procedimientos y sobre la base de tales hipótesis le son luego útiles para formular hipótesis diagnósticas que acaso desee someter finalmente a contraste mediante procedimientos más finos, como son los análisis bioquímicos, por ejemplo. En resolución, cuando se encuentra ante un problema de diagnóstico, el médico no parte de un borrón y cuenta nueva respecto de su anterior trabajo, sino, por el contrario, de un cuerpo de presupuestos, algunos de los cuales funcionan como hipótesis rectoras, y otros como líneas de interpretación de sus datos. Contando con este trasfondo podrá conseguir datos; y los interpretará y usará para producir y contrastar ulteriores hipótesis (diagnósticas).

Frecuentemente se ignora el papel central de la hipótesis en la ciencia, a causa de que, en el lenguaje común, 'hipótesis' sigue usándose en un sentido peyorativo, a saber, como suposición sin fundamento ni contrastación, como conjetura dudosa y probablemente falsa que no tiene lugar alguno en la ciencia. Pero el hecho es que muchas afirmaciones que pasan por informes más o menos directos de hechos de experiencia son en realidad construcciones elaboradas, y, por tanto, hipótesis, aun en el caso de que sean verdaderas. Un historiador puede acaso sentirse ofendido si se le dice que sus versiones históricas son reconstrucciones hipotéticas, y no nudas secuencias de hechos; pero aquello es lo que son, aunque verdaderas, puesto que lo que narra un historiador es su interpretación de ciertos documentos que se suponen referentes a hechos que él no ha contemplado y que, aunque los hubiera visto, necesitarían interpretación a la luz de un cuerpo de ideas sobre el comportamiento humano y las instituciones sociales. Análogamente, cuando un físico anuncia que aumenta o disminuye la cantidad de productos radiactivos que caen sobre la superficie, está interpretando ciertas lecturas de ciertos aparatos con la ayuda de leyes científicas, y, por consiguiente, está adoptando una hipótesis sobre algo que no es menos real por el hecho de ser intangible.

En la vida ordinaria estamos construyendo hipótesis durante todo el día: incluso cuando obramos automáticamente lo hacemos en base a ciertas hipótesis tácitamente aceptadas, o sea, en base a presuposiciones. Así, por ejemplo, cuando tomamos el metro para ir a la Universidad suponemos que ese medio de transporte está en buenas condiciones (lo cual puede resultar falso); suponemos también que está abierta la Universidad (y una huelga podría falsar este supuesto); que los estudiantes están interesados por nuestras lecciones (lo cual puede ser pura ilusión), etc. Toda actividad implica supuestos que van más allá de nuestra información en la medida en que se trata de una actividad racional, esto es, de una actividad llevada a cabo con la ayuda de conocimiento o construida por reflejos condicionados que llevan a determinados fines consciente y previamente fijados. En ningún momento percibimos más que una reducida porción del campo en el que se desarrollan nuestras actividades: la mayor parte de ese campo, aunque existente en sí, tiene que reconstruirse hipotéticamente, aunque sea en esbozo, en la medida en la cual tenemos que entenderla o dominarla. En resolución: puesto que el mundo no está nunca *dado* para nosotros enteramente, tenemos que formular hipótesis en alguna medida.

Las hipótesis, imprescindibles ya en la acción racional, son aún más centrales en la concepción racional del mundo (la ciencia) y en su modificación racional (la tecnología).

La sensibilidad es el requisito animal y precientífico del pensamiento sobre el mundo; y concebir el mundo no es más que formular hipótesis acerca de él. El hecho de que la mayoría de las hipótesis científicas se formulen de un modo categórico no debe confundirnos. Cuando el biólogo dice que la vida surgió hace dos billones de años, que los primeros organismos terrestres fueron los líquenes, que las plantas sintetizan hidratos de carbono partiendo del dióxido de carbono y el agua, que el oxígeno es indispensable para la vida animal o que todos los mamíferos son homeotérmicos, no está comunicando información acerca de la experiencia, sino formulando hipótesis con cuya ayuda pueden interpretarse ciertos acúmulos de experiencia: sus supuestos, por ser hipótesis, *no son acerca de experiencia*, sino acerca de hechos no experienciables; y las usará para explicar su experiencia biológica.

A veces el carácter hipotético de una proposición se pone de manifiesto por su forma lógica. Toda proposición *hipotética*, o sea, toda proposición de la forma “Si p , entonces q ”, es una hipótesis, porque es una construcción lógica construida a partir de dos proposiciones que pueden, aunque no necesariamente, referirse a un hecho cada una. Así, por ejemplo, “Si el perro está irritado, entonces el perro gruñe”, es una proposición hipotética que enlaza dos proposiciones categóricas, a saber, “El perro está irritado” y “El perro gruñe”. La primera proposición categórica puede inferirse de datos relativos al comportamiento del perro (por analogía con el comportamiento humano), y es, por tanto, ya ella misma una hipótesis; el consecuente puede ser, en cambio, un dato. Pero no hay estado del mundo, acontecimiento o proceso, ni experienciable ni concebible, que corresponda al condicional *completo* (a la proposición hipotética completa). Así pues, el tener la forma de un condicional, el ser una proposición hipotética, es suficiente para ser una hipótesis. Pero es claro que no es necesario, como muestra el caso de la irritación del perro y como lo confirman las siguientes hipótesis existenciales: “Hay varios sistemas planetarios”, “Posiblemente hay vida en Marte” y “Hay carbono radiactivo en todo ser vivo”. No es paradójico el que una sentencia categórica exprese una hipótesis; el aspecto de paradoja se desvanece en cuanto se sustituye el viejo nombre tradicional de ‘hipotéticas’, que se daba a estas proposiciones de la forma “si-entonces”, por el moderno nombre de ‘condicional’. En general, la forma lógica sin más no es un indicador suficientemente seguro del estatus epistemológico y metodológico.

Hasta el momento hemos aludido al sentido epistemológico y metodológico de ‘hipótesis’. El sentido lógico de la palabra es *supuesto*, premisa o punto de partida de una argumentación (por ejemplo, de una demostración). Ésta es una de las significaciones originarias de ‘hipótesis’, y precisamente la conservada en la ciencia formal. En este contexto, una premisa es una fórmula previamente aceptada (un axioma, un teorema o una convención, como “ T es un triángulo euclidiano”), o bien una fórmula introducida a título de ensayo porque posibilita alguna deducción (mediante un argumento *ex hypothesi*) y conservada o rechazada luego en atención a sus consecuencias. En cualquier caso, una hipótesis en este sentido es una premisa usada en el razonamiento, y consiste por tanto en un supuesto.

En este sentido lógico de la palabra son hipótesis todos los supuestos iniciales (axiomas) de una teoría, formal o factual; se distinguen de las demás hipótesis de una teoría llamándolas hipótesis *fundamentales* o *básicas* (también suele llamárselas supuestos). El

procedimiento que consiste en desarrollar una teoría empezando por formular sus puntos de partida o hipótesis básicas y deduciendo luego sus consecuencias con la ayuda de las subyacentes teorías formales se llama *método hipotético-deductivo*. Los axiomas de una teoría formal son, consiguientemente, hipótesis en sentido lógico, mientras que los axiomas de una teoría factual son hipótesis en los dos sentidos: el lógico y el epistemológico y metodológico: van más allá de la experiencia y son además rectificables. Y todas las teorías, formales o factuales, son *sistemas hipotético-deductivos*.

No suele presentarse íntegramente el trasfondo de un problema, de una hipótesis o de una teoría. Los supuestos tácitos e indiscutidos de una idea son sus presupuestos (véase sec. 4.2). La siguiente *Definición* facilita un modo laxo, pero cómodo, de caracterizar este concepto importante y comúnmente olvidado: *B presupone A* si y sólo si (i) *A* es una condición necesaria de la significación o la verosimilitud de *B*, y (ii) *A* está fuera de discusión cuando se usa *B* o se somete a contrastación. Una simbolización posible de “*B* presupone *A*” sería ‘ $A \dashv B$ ’, notación que no debe confundirse con ‘ $A \vdash B$ ’ cuyo significado es: “*A* acarrea *B*”.

Los presupuestos que se presentan en cualquier investigación científica son hipótesis en el sentido lógico de la palabra, o sea, supuestos básicos. Se estiman, consiguientemente, como cualesquiera otras hipótesis, o sea, juzgando sus consecuencias. *Y puede reconocerse la naturaleza de presupuesto de una proposición igual que se muestra la independencia de un axioma. Sea *B* un cuerpo de premisas que acarrea la consecuencia *C*. Para averiguar si $A \dashv B$, o sea, si *B* presupone *A*, negamos *A*, establecemos la conjunción de la negación de *A* con *B* y comprobamos si $\neg A \& B$ acarrea *C*. Si ese nuevo conjunto de premisas sigue implicando *C*, entonces la fórmula de que sospechábamos, *A*, no es un presupuesto de *B*; si $\neg A$ introduce un cambio en las consecuencias *C*, es claro que *A* estaba sosteniendo el efecto de *B*.*

Los presupuestos pueden dividirse en genéricos y específicos. Los *presupuestos genéricos* son aquellas fórmulas que no son peculiares al especial campo de investigación. Por ejemplo, las leyes de la lógica ordinaria y las de la física son presupuestos genéricos de la investigación biológica; y ciertas hipótesis filosóficas que estudiaremos en la sec. 5.9, como el principio de legalidad, son presupuestos genéricos de la ciencia factual. Los *presupuestos específicos* son aquellas fórmulas del mismo campo que constituyen el trasfondo inmediato y peculiar de las fórmulas consideradas, Por ejemplo, la existencia de la luz es un presupuesto específico de la óptica, pero no lo es de la mecánica. (Mas, por otro lado, la contrastación de las hipótesis de la mecánica presupone la existencia de la luz, que toma como dada.)

Examinemos ahora los modos de formulación de las hipótesis científicas.

Problemas

5.1.1. Comentar el papel de las “ideas preconcebidas” (hipótesis) según Claude Bernard, en su *Introducción al estudio de la medicina experimental*, parte I, cap. 2, sec. 1. *Problema en lugar de ése*: Estudiar la naturaleza y la función de las indicaciones que sugieren al arqueólogo dónde debe excavar.

5.1.2. Precisar si las siguientes fórmulas son hipótesis y, caso afirmativo, en qué sentido y por qué:

1. Ella me quiere.
2. El cobre es un buen conductor.
3. En todos los organismos tienen lugar mutaciones.
4. Algunos de mis colegas conseguirán distinciones.
5. Todo proceso psíquico es un proceso fisiológico.
6. El hombre surgió hace aproximadamente tres millones de años.
7. Las preferencias políticas están considerablemente determinadas por el estatus social.
8. El choque entre intereses económicos produce reajustes sociales.
9. Hay leyes sociales.
10. No hay investigación científica sin hipótesis.

5.1.3. ¿Supusieron hipótesis las expediciones geográficas de Colón, Magallanes y Livingstone? Caso afirmativo, ¿cuáles fueron?

5.1.4. ¿Implica la invención formulación de hipótesis? Considerar tanto la invención científica (por ejemplo, la de una nueva teoría o un nuevo instrumento) y la invención tecnológica (por ejemplo, de una nueva técnica de elaboración o de una nueva máquina).

5.1.5. Formular una hipótesis del nivel más bajo (es decir, del tipo de resumen o condensación de datos) y otra que rebase todo conjunto imaginable de datos.

5.1.6. Examinar el estudio experimental de la hipótesis en animales no humanos. Véase I. Krechevsky, *'Hypothesis' versus 'chance' in the pre-solution period in sensory discrimination learning*, University of California Publications in Psychology, vol. 6, núm. 3, 1932.

5.1.7. Tomar como base una investigación científica o tecnológica y explicitar (i) sus presupuestos genéricos y específicos, y (ii) las principales hipótesis formuladas en el curso de dicha investigación. Indicación: no intentar agotar el tema, porque es inagotable.

5.1.8. Examinar la cadena siguiente:

Lógica → Matemática → Física → Química → Biología → Psicología → Sociología → Historia.

Problema en lugar de ése: ¿Ha discurrido en paralelo con esa cadena el desarrollo histórico de las ciencias?

5.1.9. ¿Cuáles son las propiedades formales (lógicas) de la relación de presuposición? V. N. Rescher, "On the Logic of Presuppositions", *Philosophy and Phenomenological Research*, 21, 521, 1961.

5.1.10. H. Dingler deseaba fundamentar la ciencia en un conjunto de afirmaciones "sin acompañamiento", esto es, en un conjunto de enunciados de experiencia y de acción que no presupusieran otras proposiciones y suministraran, consiguientemente, un fundamento básico e inmutable tanto para la ciencia factual cuanto para la formal. Y E. Husserl, el fundador de la fenomenología, se proponía construir un sistema filosófico completamente libre de presupuestos (sin presupuestos lógicos, ni epistemológicos, ni ontológicos, ni científicos). Tanto Dingler como Husserl se proponían partir de cero. ¿Es posible una empresa así? Si no lo es, ¿por qué? En caso de que ese programa no sea realizable, ¿estamos obligados a exponer los presupuestos como creencias incorregibles?

5.2. FORMULACIÓN

Las hipótesis factuales son conjeturas formuladas para dar razón de hechos, sean éstos ya conocidos por experiencia o no lo sean. Ahora bien: es posible concebir muchas hipótesis distintas para cubrir cualquier conjunto de datos referentes a un haz de hechos; los

datos, esto es, no determinan unívocamente las hipótesis que pueden dar razón de ellos. Para poder elegir la más verosímil de entre todas esas conjeturas de origen empírico hay que imponerse e imponerles ciertas restricciones. En la no-ciencia, cuyo desiderátum último puede perfectamente no ser la verdad, se utilizan criterios como el de conformidad con la autoridad establecida, el de simplicidad o el de practicidad. En la ciencia se imponen tres requisitos principales a la *formulación* (que no es sin más la aceptación) de las hipótesis: (i) la hipótesis tiene que ser *bien-formada* (formalmente correcta) y *significativa* (no vacía semánticamente); (ii) la hipótesis tiene que estar *fundada* en alguna medida en conocimiento previo; y si es completamente nueva desde ese punto de vista, tiene que ser compatible con el cuerpo del conocimiento científico; (iii) la hipótesis tiene que ser *empíricamente contrastable* mediante los procedimientos objetivos de la ciencia, o sea, mediante su comparación con los datos empíricos controlados a su vez por técnicas y teorías científicas.

Esos requisitos son necesarios y suficientes para considerar que una *hipótesis es científica*, independientemente de que la conjetura sea realmente verdadera o no lo sea; o sea: son condiciones que tiene que satisfacer la formulación de las hipótesis científicas. Por lo demás, esos tres requisitos no son independientes unos de otros. El ser bien formada es condición necesaria del tener una significación determinada en algún lenguaje. (Imagínese, por comparación, la tarea consistente en interpretar las palabras de Heidegger “La temporalidad se temporaliza.”) A su vez el tener una significación determinada es necesario para poder recibir el apoyo del conocimiento preexistente (o sea, para ser razonable) y para poder enfrentarse con una nueva experiencia. (Imagínese, por comparación, lo que puede ser la tarea de hallar apoyo en el conocimiento para —o someter a contrastación— la hipótesis de Freud según la cual “el sueño representa un regreso al seno materno”.) Y el tener fundamento, al menos, en una parte del conocimiento ya disponible es la única garantía (aunque tenue) de que vale la pena proceder a una contrastación empírica, así como de que ésta es posible, puesto que la experiencia científica presupone algún conocimiento científico. Procedamos ahora a algunos ejercicios de formulación de hipótesis: ellos harán plausibles los tres requisitos antes dados y permitirán un ulterior examen de los mismos (en las secciones 5.5 a 5.7).

Si introducimos un bastón en una piscina o un estanque llenos de agua limpia podemos observar que el bastón parece quebrado por el lugar en el cual limitan el aire y el agua. Si no nos interesa el conocimiento, podemos contentarnos con admirar el fenómeno. Si somos pseudocientíficos, podemos aventurar alguna conjetura más o menos fantástica sin preocuparnos de si cumple o no los tres requisitos anteriores. Si somos meros recolectores y coleccionistas de datos observaremos el fenómeno cuidadosamente, trazaremos algún dibujo o croquis, llegaremos tal vez a tomar algunas fotografías y mediciones, y concluiremos incluyendo esos datos en una descripción cuidadosa, pero superficial del fenómeno. (Éste era el alcance de lo que los romanos entendieron por “scientia”.) En cambio, si somos científicos, intentaremos explicar esa mera descripción arriesgando hipótesis que sean lógicamente consistentes, científicamente fundadas y empíricamente contrastables. Tales hipótesis nos ayudarán a su vez a contemplar ese mismo fenómeno bajo una luz nueva: posibilitarán una descripción más profunda, formulada con términos teóricos, y no simplemente con los del lenguaje ordinario.

Ahora bien: en el caso de cualquier hecho observable (fenómeno) son posibles hipótesis científicas de dos clases. Tipo I (*hipótesis físicas*): el fenómeno es un hecho objetivo, o sea, independiente del observador. Tipo II (*hipótesis psicológicas*): el fenómeno es subjetivo, o sea, depende del observador. En nuestro caso, el primer conjunto de conjeturas contiene por lo menos dos subclases: unas hipótesis atribuirán la apariencia al bastón mismo, otras al complejo aire-agua. Tenemos, en particular, las siguientes posibilidades, que no son todas y que pueden haberseles ocurrido a decenas de miles de personas:

h_1 = La apariencia del bastón quebrado es una ilusión.

h_2 = La apariencia del bastón quebrado se debe a que éste se ha quebrado efectivamente.

h_3 = La apariencia del bastón quebrado se debe a la quebradura (refracción) de los haces de luz en la superficie de contacto del aire y el agua.

Las tres afirmaciones son hipótesis en sentido propio: no describen apariencias, sino que intentan explicarlas con términos que no son de observación; las tres son susceptibles de corrección o rectificación. Además, satisfacen las tres condiciones de las hipótesis científicas. En efecto: son todas lógicamente (formal y semánticamente) consistentes; están fundadas: sabemos que existen ilusiones, y sabemos o sospechamos que tanto los bastones cuanto los haces de luz pueden quebrarse; y las tres son contrastables: pueden frecuentemente eliminarse las ilusiones cambiando de sujeto observador; la quebradura de un bastón puede comprobarse tocándolo, y la quebradura de la luz puede someterse a contrastación sin usar bastones, independientemente del fenómeno estudiado. Por tanto, las tres conjeturas deben considerarse como hipótesis científicas. Para saber cuál de ellas es la verdadera, tenemos que someterlas a contrastación. Y no podemos hacerlo sino empezando por *inferir de ellas algunas consecuencias*, utilizando para ello también nuestro conocimiento básico, y *confrontando esas consecuencias lógicas con información empírica ya poseída o nueva*. Procedamos a esta contrastación.

Contrastación empírica de h_1 . (i) *Inferencia de una consecuencia*: Por lo que sabemos acerca de las ilusiones, si el efecto es subjetivo desaparecerá al añadir otro observador o al cambiar las condiciones de observación como el color, por ejemplo. (ii) *Confrontación con la experiencia*: No intentaremos reforzar la hipótesis eligiendo las condiciones más favorables, sino que pretenderemos más bien destruir la hipótesis cambiando a la vez las dos variables, el sujeto y las condiciones de la observación. Resultado: diferentes sujetos y en circunstancias ampliamente variadas observan el mismo fenómeno del bastón quebrado. (iii) *Inferencia*: La conjetura h_1 es falsa. La lógica de esta inferencia es como sigue: la consecuencia contrastable t_1 había sido inferida de la hipótesis h_1 y de un cierto cuerpo, A , de conocimiento previo: $A \& h_1 \vdash t_1$. La experiencia ha mostrado que t_1 es falsa, o sea, que $\neg t_1$ es verdadera. Aplicando el esquema de inferencia *modus tollendo tollens* inferimos que la premisa $A \& h_1$ es falsa. Pero en la experiencia en cuestión no se ponía en tela de juicio el conocimiento previo A , el cual, por el contrario, estaba presupuesto, o sea, previamente afirmado (aunque, por lo general, de un modo tácito). Por tanto, la falsedad de la consecuencia lógica t_1 afecta sólo a la conjetura h_1 : para que h_1 sea falsa, basta con que lo sea $A \& h_1$. En resolución: la lógica formal, con la ayuda de un dato empírico ($\neg t_1$), nos capacita para refutar h_1 .

Contrastación empírica de h_2 . (i) *Derivación de una consecuencia*: si el bastón está

efectivamente quebrado o roto del todo, podremos percibirlo con la mano. Esta consecuencia t_2 , se sigue de h_2 más nuestro conocimiento previo referente a bastones rotos o quebrados. (ii) *Confrontación con la experiencia*: Tampoco ahora intentaremos proteger la hipótesis absteniéndonos de tocar el bastón, sino que lo tocaremos; no notaremos, naturalmente, diferencia respecto del estado anterior del bastón. Por tanto, podemos afirmar que t_2 es falsa. (iii) *Inferencia*: Aplicando también aquí el *modus tollendo tollens* inferimos que $A \& t_2$ es falsa; y puesto que hemos usado nuestro conocimiento básico, A , para inferir la consecuencia contrastable y, además, no estamos investigando A , sino h_2 , concluimos que h_2 es la única culpable de la falsedad.

Contrastación empírica de h_3 . (i) *Inferencia de una consecuencia*: Si la apariencia del bastón quebrado es un hecho óptico, a saber, la refracción de la luz (h_3), entonces el bastón mismo es irrelevante. Consiguientemente, será mejor que sometamos a contrastación la hipótesis lógicamente previa, a saber, h'_3 = Si un rayo de luz incide en la superficie de contacto aire-agua, es refractado. Con esto arrebataremos al fenómeno uno de sus ingredientes y sometemos la hipótesis h_3 a una contrastación especialmente dura: pues

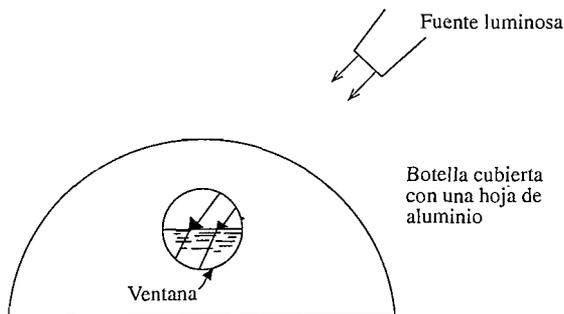


FIGURA 5.1. Contrastación empírica de la hipótesis de la refracción de la luz.

la presencia del bastón puede confundirnos las cosas. La hipótesis lógicamente previa, h'_3 , es universal: cubre todos los ángulos posibles. Consiguientemente, implica la afirmación de que si un haz de luz cae en la superficie de contacto del agua y el aire con un ángulo dado, por ejemplo de 45° , se refracta. (ii) *Confrontación con la experiencia*: Para controlar mejor las variables utilizaremos el expediente esquematizado en la figura 5.1. Entonces hacemos verdadero el antecedente de h'_3 iluminando la superficie de contacto del agua y el aire con haces de luz que caigan con varios ángulos, y efectuamos la contrastación del consecuente de la hipótesis observando la quebradura de la luz en el agua. El resultado es que ese consecuente es verdadero excepto para la luz que cae sobre la superficie de contacto según ángulos rectos. (iii) *Inferencias*: a] hay que modificar h'_3 –para recoger la excepción dicha– dándole la formulación: “Si un haz de luz atraviesa la superficie de contacto aire-agua con un ángulo distinto del recto, se refracta”; llamemos a este enunciado h''_3 ; b] Puesto que el antecedente y el consecuente de ese condicional pueden considerarse suficientemente corroborados para una gran variedad de ángulos, se considera *confirmado* el enunciado compuesto h''_3 en su universalidad, aunque no se

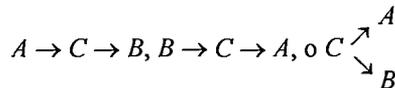
habrá investigado más que un número finito de casos. Una investigación más profunda nos mostrará que h''_3 sólo es parcialmente verdadero: si iluminamos la superficie de contacto desde abajo veremos que para una cierta zona de ángulos por encima de un valor crítico se produce una refracción nula, esto es, reflexión total; y también averiguaremos que la refracción depende del color de la luz. Estas correcciones se tienen en cuenta en el enunciado habitual de la ley de refracción –la cual, dicho sea de paso, contiene predicados teóricos, como ‘rayo de luz’ (en vez de ‘haz de luz’) e ‘índice de refracción’ (en vez del concepto cualitativo ‘refracción’). Por último, este enunciado ya refinado de la ley recibe el apoyo de otros campos de la ciencia al deducirse de hipótesis mucho más fuertes (a saber, las de la teoría electromagnética de la luz). En cualquier caso, vale la pena observar que, mientras h_1 y h_2 han sido *refutadas*, h''_3 no ha sido *verificada*, sino sólo *confirmada* por la evidencia empírica y por su inserción en una teoría: la lógica formal nos capacita para *refutar* hipótesis, pero no para *establecerlas*, y no existe una *lógica* de la confirmación (cf. cap. 15).

Consideremos ahora un caso de otra especie: la contrastación de una hipótesis estadística. Es un “hecho” que los fumadores están más expuestos al cáncer de pulmón que los no fumadores. Dicho más exactamente: una amplia observación de la relación entre el fumar y el cáncer ha establecido la siguiente *hipótesis estadística* de bajo nivel científico: “La frecuencia del cáncer de pulmón entre personas que fuman unos treinta cigarrillos al día es unas 30 veces mayor que la frecuencia del cáncer de pulmón entre no fumadores”. Nuestro problema no consiste ahora en explicar esa hipótesis. Con este fin tenemos que formular alguna hipótesis más fuerte que por sí misma o en conjunción con algún cuerpo de conocimiento implique esa generalización estadística. Hasta el momento se han propuesto dos hipótesis científicas:

h_1 = Fumar cigarrillos causa cáncer de pulmón.

h_2 = El fumar cigarrillos y el cáncer están ambos determinados por un tercer factor desconocido.

Las dos hipótesis dan razón de la generalización que hay que explicar y ambas son compatibles con el cuerpo de conocimiento existente: sabemos, en efecto, que el fumar es dañino desde otros puntos de vista, y que estimula la formación de tumores; por otra parte, sabemos también que frecuentemente se dan correlaciones espúreas, esto es, que una íntima asociación de dos variables A y B puede ser fruto de su relación con una fuente común o una tercera variable, C , que interviene en el sentido estadístico de este concepto; esta tercera variable, C , puede estar relacionada con A y B de uno de los modos siguientes:



En nuestro caso, puede haber un factor genético C que medie entre el cáncer de pulmón y el fumar cigarrillos.

Por lo que hace a contrastabilidad empírica, es claro que h_1 satisface esta condición, puesto que, según dicha hipótesis, una variación del número de cigarrillos fumados pro-

vocará una diferencia en la frecuencia del cáncer. En cambio, h_2 , en la forma en que la hemos formulado, es demasiado vaga para ser contrastable: si hay que buscar algo, hay que tener al menos una indicación sobre ese algo: si no hay tal precisión, casi todo —o sea, nada en particular— puede dar apoyo o negarlo a h_2 . Por tanto, mientras que h_1 es una hipótesis científica, h_2 , estrictamente hablando, es una conjetura programática. Pero es posible elegir, entre la clase de conjeturas que cubre h_2 , una hipótesis algo menos indeterminada, a saber:

h'_2 = El cáncer de pulmón y el fumar cigarrillos son ambos favorecidos por un factor genético.

Aunque h'_2 no especifica cuál es el factor determinante, es una hipótesis contrastable en la medida en la cual afirma la existencia de un factor de una naturaleza determinada. Por otra parte, nos remite a la genética, y la genética nos permitirá estudiar la posible asociación del cáncer de pulmón con cierto número de caracteres que se sabe hereditarios. Ahora ya tenemos dos hipótesis científicas, h_1 y h'_2 , que hay que someter a contrastación.

Pero antes de precipitarnos a recoger más datos para decidir entre h_1 y h'_2 , tenemos que estar en claro acerca de la *clase* de datos que necesitamos. Es claro que no necesitamos más datos acerca de la correlación cáncer-fumar, puesto que lo que queremos explicar es precisamente esa correlación. Por tanto, no volveremos a hacer más observaciones de grupos experimentales (fumadores) y grupos de control (no fumadores): lo que nos está pidiendo h_1 es que produzcamos experimentalmente cáncer de pulmón en animales haciéndoles fumar cigarrillos, mientras que h'_2 nos indica que examinemos gemelos idénticos y atendamos a las correlaciones entre el cáncer de pulmón y la edad, el sexo, el grupo étnico, las costumbres de alimentación, los rasgos personales, el fondo familiar, etc. Las hipótesis no pueden sólo explicar, sino también *orientar la investigación*, en particular la que se emprende para someterlas a contrastación. Consiguientemente, pueden recogerse cuerpos distintos de datos empíricos para investigar hipótesis diferentes, de tal modo que unos datos pueden ser relevantes para alguna de las hipótesis en competencia y no serlo para todas. Dicho brevemente: es posible que haya que estimar hipótesis rivales mediante cuerpos de datos que no son comparables entre sí. Pero volvamos al problema del cáncer.

Los resultados experimentales en el momento de escribir estas páginas son los siguientes. El fumar produce cáncer a los animales de laboratorio, de modo que h_1 ha sido confirmada. Además, existe una correlación determinada entre el fumar cigarrillos y otras características de la conducta, como el consumo de café y alcohol, el tener padres con hipertensión o perturbaciones circulatorias, etc., pero tampoco en estos casos resulta suficientemente significativa la correlación. En resolución, h_1 está mucho mejor confirmada que h'_2 . ¿Qué paso debería darse ahora? ¿Un aumento del número de experimentos y observaciones o una intensificación de la actividad teórica? Más bien parece que esto último, porque tanto h_1 cuanto h'_2 son demasiado *débiles*: necesitamos hipótesis más fuertes, sugeridas por consideraciones teóricas, referentes al *mecanismo* detallado probable de la acción del fumar sobre las células y de la tendencia a fumar. La primera cuestión exige una colaboración más intensa de los citólogos, y la segunda necesita la de fisiólogos y genetistas.

Esta situación no es nada excepcional en la ciencia. Demasiado frecuentemente la ciencia se encuentra puesta en jaque no por falta de evidencia empírica, sino por falta de hipótesis fuertes. Y hay una errada filosofía de la ciencia —lo que podría llamarse datismo, la filosofía de la ciencia que sólo da importancia al dato— que contribuye a ese estancamiento.

Vamos a intentar ahora un análisis metódico de las clases de hipótesis científicas: necesitamos ese análisis a causa de la difundida creencia según la cual todas las hipótesis son generalizaciones empíricas universales.

Problemas

5.2.1. Repasar una página de un artículo científico y subrayar las sentencias que expresan hipótesis.

5.2.2. Un juez se encuentra con un caso de muerte por causas desconocidas. ¿Qué hipótesis establecerá? ¿Puede atribuir un determinado peso (antes de tener pruebas empíricas) a sus hipótesis? Si tal es el caso, ¿qué relacion(es) deben satisfacer esas estimaciones de las hipótesis? ¿Y cómo podría el juez someter a contrastación las diversas conjeturas?

5.2.3. Es un “hecho” —o sea, una hipótesis bien confirmada— que en Estados Unidos de América la mayoría de los negros del norte son mentalmente superiores a los negros del sur. Se han elaborado en lo esencial dos hipótesis para dar razón de esa generalización estadística.

h_1 = la superioridad tiene un origen genético (por ejemplo, étnico): los negros que emigraron al norte eran ya los más capaces.

h_2 = la superioridad se debe a influencias ambientales: el norte es económica, social y culturalmente más favorable al desarrollo mental de los niños y los jóvenes negros.

Inferir consecuencias contrastables, sugerir contrastaciones empíricas y, si parece necesario, proponer otras hipótesis. Cf. O. Klineberg, *Negro Intelligence and Selective Migration*, Nueva York, Columbia University Press, 1935, o bien los extractos de ese libro en P. F. Lazarsfeld y M. Rosenberg (eds.), *The Language of Social Research*, Glencoe, Ill., The Free Press, 1955, pp. 175ss.

5.2.4. Es un “hecho” —o sea, una hipótesis bien confirmada— que la frecuencia del cáncer ha aumentado constantemente durante nuestro siglo. Discutir las siguientes hipótesis —y otras más, si es posible—, destinadas a dar razón de ese hecho.

h_1 = el aumento de la frecuencia del cáncer no es real: lo que pasa es que ha aumentado el número de correctas diagnosis de cáncer a causa del afinamiento de las técnicas histológicas.

h_2 = el aumento de la frecuencia del cáncer se debe a la mejoría de las expectativas de vida, porque el cáncer es una degeneración senil.

h_3 = el aumento de la frecuencia del cáncer se debe al aumento de humos en la atmósfera respirada (se sabe que el hollín es cancerígeno), y este último aumento se debe a su vez a la industrialización.

¿Se trata en todos los casos de hipótesis contrastables? ¿Son recíprocamente incompatibles?

5.2.5. Inferir algunas consecuencias (metacientíficas, desde luego) de la controversia acerca de la correlación entre el cáncer y el fumar. *Problema en lugar de ése*: Tomar cualquier otro tema corrientemente discutido y examinar las hipótesis implicadas en la controversia.

5.2.6. Al medir cierta magnitud, un experimentador halla sucesivamente los siguientes valores: 1, 3, 5, 7, 9. Como es persona con tendencia a generalizar, imagina algunas hipótesis que condensan y generalizan esos datos:

h_1 $y = 2x + 1$, con $x = 0, 1, 2, \dots$

h_2 $y = 2x + 1 + x(x - 1)(x - 2)(x - 3)(x - 4)$, con $x = 0, 1, 2, \dots$

$$h_3 \quad y = (2x + 1) (-1)^{x-1} \cos (x - 1)\pi, \text{ con } x = 0, 1, 2, \dots$$

$$h_4 \quad y = 2x + 1 + f(x), \text{ con } f(x) = 0 \text{ para valores enteros de } x, \text{ y arbitraria en otro caso.}$$

¿Podrá decidir entre esas conjeturas sin tener más datos, o sin consideraciones teóricas acerca de la naturaleza de la relación entre x e y ?

5.2.7. Un turista ha recibido la información de que debe tomar el autobús número 100. Mientras espera, observa la llegada de cinco autobuses sucesivamente: los autobuses llevan los números 1, 2, 3, 4 y 5, en este orden. ¿Qué conjeturas puede concebir el turista y cómo podrá contrastarlas? ¿Son esas conjeturas hipótesis?

5.2.8. ¿Prescribe toda hipótesis el tipo de los datos que pueden servir para someterla a contrastación? Si tal es el caso, ¿cómo lo hace? Si no es el caso, ¿por qué?

5.2.9. Examinar la hipótesis metacientífica de Newton: "No finjo hipótesis". Cf. sus *Principia*, libro III, General Scholium. ¿Es verdad que Newton no arbitrara hipótesis? Si inventó hipótesis, ¿cómo es que no se dio cuenta de ello? ¿Tal vez fue por reacción contra el procedimiento especulativo de Descartes? ¿O estaba bajo la influencia de la filosofía empirista de Bacon? Y, si no formuló hipótesis, ¿cómo consiguió explicar tantos hechos y construir la mecánica teórica? Indicación: empezar por preguntarse si Newton usaba la palabra 'hipótesis' en el mismo sentido que tiene hoy.

5.2.10. Los datos empíricos en favor de las hipótesis evolucionistas por lo que hace al pasado remoto son incompletos: consisten en muestras al azar cuyos miembros se encuentran dispersos por el espacio y el tiempo. Toda línea evolutiva que correlacione documentos fósiles es una hipótesis y, puesto que esos elementos de evidencia son dispersos, hay lugar para interpretaciones (hipótesis) divergentes. G. G. Simpson, en *The Meaning of Evolution*, 1949, New Haven, Yale University Press. 1960, p. 138. ofrece el ejemplo siguiente. En la figura 5.2. (i) se representa un conjunto de datos; (ii) representa la hipótesis ortogenética (haz de líneas rectas cada una de las cuales representa una evolución en dirección determinada); (iii) representa la hipótesis de macromutación (serie de estadios que surgen a saltos unos de otros); (iv) representa la hipótesis de que esos restos son miembros de una sola línea evolutiva de dirección cambiante. Cada una de esas tres hipótesis recíprocamente incompatibles recoge bien los datos disponibles, pero (iv) es la más probable porque concuerda también con datos independiente (no paleontológicos) referentes a cambios genéticos, cambios por adaptación, etc. ¿Qué sugiere este ejemplo sobre a) la determinación de las hipótesis por la evidencia disponible y b) la libertad de invención en materia de hipótesis?

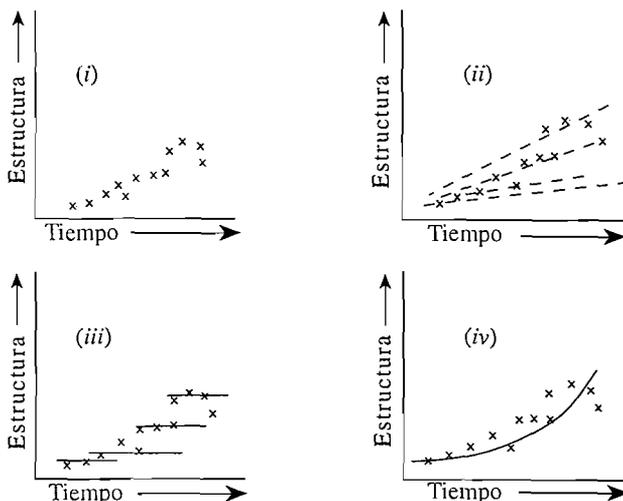


FIGURA 5.2. Tres hipótesis diferentes. —(ii), (iii), (iv)— para la interpretación de los datos paleontológicos (i).

5.3. *CLASES: FORMA Y CONTENIDO

Es posible clasificar las hipótesis científicas desde varios puntos de vista. Serán especialmente útiles para nuestro fin las clasificaciones desde los puntos de vista de la forma (clasificación sintáctica), la referencia (semántica) y el estatus cognitivo (epistemológica).

Formalmente (sintácticamente), las hipótesis pueden clasificarse de acuerdo con varias características, principalmente la estructura de los predicados, el alcance, la sistematicidad y la potencia deductiva o de inferencia. Por lo que hace a la estructura de los predicados el primer rasgo que hay que tener en cuenta es el *número de predicados*: una hipótesis puede contener un sólo predicado (por ejemplo: “Hay quarks”) o, como es más frecuente, varios predicados (por ejemplo: “Todas las sociedades modernas están estratificadas”). En segundo lugar, importa tener en cuenta en el análisis lógico el *grado* de los predicados, o sea, el número de lugares de argumento de los predicados que se presentan en una hipótesis; así, por ejemplo, “valencia” es un predicado monádico, mientras que “desciende” es por lo menos diádico o binario. De todos modos el grado que se asigne a un predicado es función de la profundidad del análisis; así, por ejemplo, “ x es observable” es simplemente una primera aproximación al análisis, más profundo, “ x es observable por y en las condiciones z y con los medios w ”. Dicho brevemente: el grado de los predicados y, por consiguiente, la estructura lógica de las hipótesis, es contextual más que absoluto: depende del estado del cuerpo de conocimiento en el que se presenten y de la finura de análisis requerida o posible. (En general, la forma lógica es contextual, no absoluta.) En tercer lugar interesa el *carácter métrico* de los predicados: para que una hipótesis sea vaga es necesario que no contenga más que predicados cualitativos (no-métricos), como en el caso de “El calor pasa de los cuerpos más calientes a los cuerpos más fríos” Pero esta condición está lejos de ser suficiente: muchas hipótesis precisas no contienen más que predicados dicotómicos (predicados de presencia o ausencia), como, por ejemplo, “Las transiciones entre estados de diferentes propiedades simétricas son discontinuas.”

Por lo que hace a su *alcance*, las hipótesis científicas son de todas las extensiones posibles, y no exclusivamente universales:

1. *Hipótesis singulares*, como “Ha sido un acto inteligente.”

2. *Hipótesis pseudosingulares*, como “El sistema solar es dinámicamente estable”; estas hipótesis contienen un cuantificador oculto, generalmente referido al tiempo y/o el espacio. En nuestro ejemplo, la formulación ostensiva es: “ $S(s)$ ”, pero lo que pensamos es que el sistema solar es estable en todo momento t de un intervalo temporal T , o sea: $(t)_{t \in T} S(s, t)$. Numerosas hipótesis sociológicas e históricas merecerían el nombre de leves si se explicitara su universalidad oculta.

3. *Hipótesis existenciales indeterminadas*, como “Hay organismos extraterrestres”, que no especifican ni lugar ni tiempo y son por tanto difíciles de rechazar.

4. *Hipótesis existenciales localizadoras*, como “Hay gran cantidad de hierro en el núcleo terrestre.” La localización puede ser espacial, temporal o espacio-temporal.

5. *Hipótesis cuasi-generales*, como “Cuando un sistema se encuentra aislado pasará en la mayoría de los casos a estados de superior entropía”. Estas hipótesis admiten explícitamente excepciones, en número especificado o sin especificar.

6. Hipótesis *estadísticas*, como “Las personas ectomórficas tienden a ser cerebrotónicas”. Estas hipótesis establecen correlaciones, tendencias, módulos, promedios, dispersiones u otras propiedades globales (colectivas).

7. Hipótesis *universales restringidas*, como “*Laissez-faire, laissez-passer* es el consejo dado por los industriales y los comerciantes a los gobernantes desde el siglo XVIII hasta hace muy poco tiempo”: esta hipótesis se refiere a un intervalo limitado. En estas hipótesis se presenta un cuantificador universal restringido, ‘ $(x)_{x \in S}$ ’, que significa: “para todo x de S ”, siendo S un conjunto limitado.

8. Hipótesis *universales no-restringidas*, como las leyes de la óptica física, que se suponen aplicables a todos los casos de una determinada clase, en todos los lugares y en todos los tiempos. Es una tarea científica de importancia la de establecer en cada caso los límites de tal pretensión de universalidad sin restricciones; y es también una interesante investigación científico-filosófica el especular acerca de la posibilidad de que esa universalidad no-restringida no sea más que una ilusión de seres de corta vida y corta visión.

Por lo que hace a la sistematicidad o carácter sistemático, una hipótesis puede ser *aislada* o *sistémica* (esto es, perteneciente a algún sistema). En sus comienzos todas las generalizaciones empíricas son aisladas: sólo cuando llegan a ser leyes adquieren un estatus sistémico. Pero, como es natural, ningún enunciado es nunca totalmente aislado: si lo fuera sería ininteligible. ‘Aislado’ no significa en este caso autocontenido ni desligado del cuerpo del conocimiento, sino simplemente presistemático, y, en particular, pre-teórico. En cambio, las hipótesis sistémicas están insertas en algún sistema, como axiomas (puntos de partida) o como teoremas (consecuencias lógicas). Así por ejemplo, las leyes newtonianas del movimiento son axiomas en la mecánica elemental y teoremas en la mecánica analítica general.

La *potencia deductiva*, o inferencial, es el último rasgo formal que vamos a considerar aquí: se trata de la capacidad que tienen las fórmulas de dar origen a otras fórmulas, con la ayuda del fórceps lógico o matemático. En la práctica no hay ninguna proposición estéril, o sea: toda proposición tiene alguna potencia inferencial. Hasta una proposición singular, e , implica infinitos condicionales con e en posición de consecuente: $e \vdash (h \rightarrow e)$. (Demostración: supongamos que esa inferencia no es válida, o sea, que $h \rightarrow e$ es falsa. Esto exige que h sea verdadera y e falsa. Pero esto está en contradicción con el supuesto de que e es verdadera.) Bajo la noción de ‘potencia inferencial’ incluiremos, en este contexto, la especificabilidad (o sea, la posibilidad de ejemplificación) y la potencia contrafactual (o sea, la posibilidad de derivar de las hipótesis condicionales contrafactuales). Por lo que hace a la *especificabilidad*, las hipótesis generales pueden ser especificables, condicionalmente especificables o inespecificables:

1. Las hipótesis *especificables* son aquellas de las cuales pueden derivarse proposiciones singulares por simple sustitución de variables por constantes, con objeto de dar razón de (describir o explicar) hechos singulares. Las generalizaciones empíricas de bajo nivel y los teoremas de nivel más bajo de las teorías factuales satisfacen esta condición.

2. Son hipótesis *condicionalmente especificables* aquellas que pueden aplicarse a casos individuales sólo tras adecuadas operaciones formales o semánticas. Así, por ejemplo, una ecuación referente a un individuo (una célula o un sistema celular, por ejemplo) tiene primero que resolverse, y luego interpretarse con términos empíricos para dar razón de

(describir o explicar) un hecho que envuelva al individuo al que se refiere. Análogamente, los enunciados legaliformes que contienen probabilidades teóricas tienen que transformarse en enunciados con frecuencias si es que han de poder interpretarse como descripciones de propiedades colectivas, pues el concepto descriptivo es “frecuencia”, no “probabilidad”. La sustitución inversa tendrá que practicarse en enunciados que expresen uniformidades estadísticas empíricas, si se quiere inferir algo acerca de los individuos de una colección. Así, por ejemplo, partiendo de “La frecuencia de la propiedad B en la clase A es f ” no podemos inferir que todo A o algún A dado es B o no es B ; lo único que podemos inferir es que la probabilidad de que un A sea B es próxima a f (si es que estamos dispuestos a considerar las probabilidades no sólo como propiedades colectivas, sino también como propiedades de individuos *qua* miembros de determinados conjuntos).

3. Las hipótesis *inespecificables* no permiten inferir proposiciones singulares por especificación ni siquiera después de haber practicado en ellas transformaciones sintácticas o semánticas. Son ejemplos de esta clase proposiciones cuasi-generales tales como “La mayoría de las sales de los metales alcalinos son muy solubles en agua”, e hipótesis estadísticas con predicados no-distributivos (globales), tal como “Cuanto menos homogénea es una población, tanto más ampliamente están dispersas sus propiedades cuantitativas en torno de sus respectivos promedios”.

Por lo que hace a la posibilidad que ofrecen de inferir condicionales en subjuntivo, las hipótesis pueden dividirse en *contrafactualmente potentes* y *contrafactualmente débiles*. La mayoría de las hipótesis singulares y generales son *contrafactualmente potentes*. Así, por ejemplo, partiendo de “Urano gira alrededor del Sol” podemos inferir que si esa tenue mancha de luz que vemos en el cielo fuera Urano, giraría alrededor del Sol. Y partiendo de que “Los mesones son de vida corta” podemos inferir que si esta partícula fuera un mesón, sería de corta vida. En cambio, partiendo de “Toda persona presente en esta habitación es un científico”, no podemos inferir que si el portero entrara en la habitación sería un científico: la asociación entre los predicados ‘científico’ y ‘presente en esta habitación’ es accidental, no sistemática. Las hipótesis existenciales, como “Existen varios sistemas planetarios”, parecen *contrafactualmente débiles*, pero ésta es una afirmación discutida e irresuelta.

En algunos casos no salta a la vista la posibilidad de inferencias *contrafactuales*. Por ejemplo, a primera vista la ley estadística “El módulo de la dimensión de la familia en el hemisferio occidental es de dos hijos” resulta *contrafactualmente débil* o *impotente*. Pero si se considera el asunto detenidamente, se aprecia que esa afirmación es falsa. Efectivamente, la hipótesis puede parafrasearse así: “Para todo x , si x es una muestra al azar de la población de las familias occidentales, entonces el módulo del número de hijos de x es 2”. Si examinando datos demográficos relativos a una comunidad cuya localización no conocemos hallamos que la dimensión típica de la familia difiere significativamente de aquel módulo, podemos inferir que la comunidad no pertenece al hemisferio occidental. Y si alguien dudara de nuestra conclusión, podríamos argüirle que si la comunidad en cuestión se encontrara realmente en el hemisferio occidental, entonces su dimensión familiar más frecuente sería de dos hijos. Así pues, en bastantes casos la fuerza *contrafactual* depende de la profundidad del análisis.

Vamos a abandonar ahora el punto de vista sintáctico y atender a unas cuantas propie-

dades semánticas de las hipótesis, señaladamente algunas propiedades de los conceptos que aparecen en ellas y de sus referencias. Ante todo, los predicados pueden ser *distributivos* (hereditarios) o *globales* o colectivos (no-hereditarios). Así, por ejemplo, en “El espacio físico es tridimensional”, el concepto “tridimensional” es un concepto distributivo o hereditario, porque se entiende que la tridimensionalidad se da en toda parte del espacio físico (aunque esa suposición pueda ser errónea). En cambio, “composición”, “promedio” y “viviente” no pueden aplicarse a cualquier parte de sus correlatos: son conceptos colectivos o globales. Esto tiene importancia para la discusión de si las propiedades de los todos están ya presentes en sus partes (mecanicismo primitivo) o son genuinas novedades que surgen de dichas partes (emergentismo); desgraciadamente, las discusiones sobre este punto, tan a menudo confusas, no se han beneficiado de esa distinción.

Otra propiedad semántica de los predicados que hay que considerar es su *orden* o categoría semántica. La mayoría de los predicados se refieren a propiedades de individuos (individuos simples o complejos), pero algunas hipótesis científicas contienen predicados de orden superior, o sea, que predicán algo de propiedades o relaciones. Ejemplos de estos predicados de orden superior pueden ser ‘relación simétrica’ y ‘propiedad biológica’. Estos predicados de orden superior se presentan también en el análisis metacientífico.

Un tercer aspecto semántico de interés es la *precisión*. Desde este punto de vista puede establecerse una primera dicotomía con la división entre hipótesis en bruto e hipótesis refinadas. Las hipótesis *en bruto* son imprecisas ya porque se presenten en ellas predicados vagos (como en el caso “*A* depende de *B*”), ya porque su alcance sea indeterminado. Causantes de la imprecisión en cuanto al alcance pueden ser la disyunción lógica y, consecuentemente, la cuantificación existencial, como en el ejemplo “Algunas sustancias no se combinan con ninguna otra”, y como en muchos teoremas de la física estadística que empiezan con la frase ‘Para casi todos los puntos (o trayectorias)...’

Las hipótesis *refinadas*, por su parte, son aquellas que son precisas en cuanto a los predicados y en cuanto al alcance, como, por ejemplo, “El periodo de oscilación de un péndulo simple ideal es $T = 2\pi(L/g)^{1/2}$ ”. Las hipótesis refinadas son a menudo igualdades, como “ $y = kx$ ”, más que desigualdades como “ $y > x$ ”. A primera vista puede parecer que sólo las hipótesis singulares y universales (restringidas o no) pueden precisarse; pero la realidad no es ésa: “Hay exactamente n *A* en *B*” y “El *P* medio de x es igual a y ” son perfectamente precisas, aunque la primera es existencial y la segunda estadística. Hay, sin duda, grados de precisión: la misma dicotomía en bruto-refinada es vaga. En cualquier caso, es claro que resulta deseable un máximo de precisión desde el punto de vista de la contrastabilidad, la fuerza y la verdad.

Consideremos, por último, el problema de los correlatos de las hipótesis científicas como totalidades, más que los de sus predicados constituyentes. Todo enunciado contiene los que podríamos llamar predicados rectores; el análisis de éstos mostrará cuál es el correlato del enunciado. Así, el correlato de “Los átomos no están nunca en reposo” es el conjunto de los átomos; el correlato de “Las moléculas se componen de átomos” es el conjunto de todos los pares de átomos y moléculas (el producto cartesiano del conjunto de los átomos por el conjunto de las moléculas), y el correlato de “La temperatura es una variable de estado” es la propiedad física de temperatura. La temperatura, la propiedad temperatura, es el correlato de ese último enunciado, pero éste tiene además un correlato

indirecto o mediato, a saber, el conjunto de los sistemas físicos moleculares. Si atendemos a los correlatos inmediatos, hallaremos que las hipótesis científicas pretenden referir a la experiencia (posible más que actual) o bien a la experiencia y al hecho objetivo, o bien al hecho objetivo solo, o bien a un modelo conceptual de los hechos. Más detalladamente, tenemos las siguientes clases posibles de hipótesis científicas por lo que hace a su correlato inmediato.

1. Hipótesis de *correlato experiencial*, como “Todas las sensaciones de color pueden producirse con sólo dos luces de colores diferentes”; estas hipótesis se refieren a fenómenos, hechos experienciados; contienen, por tanto, predicados fenoménicos, o sea, conceptos que se refieren a la experiencia sensible. Por eso sólo no puede decirse que sean subjetivas, pero son inconcebibles si se prescinde de todo sujeto. Y, desde luego, para ser hipótesis, y no datos, no tienen que referir a experiencia actual, sino a experiencias posibles; tal es el caso de una conjetura universal, o sea, de un enunciado con el cuantificador ‘todos’ (si no está restringido).

2. Hipótesis de *correlato experiencial y fáctico*, como “La probabilidad de obtener el valor a al medir la propiedad A es p ”. (En realidad, éste es un esquema de hipótesis, más que una hipótesis, puesto que contiene el predicado variable A .) Hipótesis de esta clase, que suponen a la vez el sujeto y el objeto del conocimiento, se encuentran frecuentemente en el estadio de contrastación o puesta a prueba de las teorías y en el intento de interpretar las teorías factuales a base de operaciones.

3. Hipótesis de *correlato fáctico*, como “Los terremotos tienden a ocurrir cerca de fallas”. Se supone que estas hipótesis se refieren a hechos objetivos y a sus propiedades. Pero en realidad, ni siquiera la hipótesis científica más elaborada se refiere a hechos enteros, sino a rasgos escogidos de sistemas concretos, acaecimientos o procesos. Ejemplo: “El hidrógeno tiene tres isótopos.” Mientras que las hipótesis de correlato experiencial no contienen más que conceptos observacionales, las de correlato fáctico contienen además o en lugar de ellos conceptos trasempíricos como el de “hereditario” En cierto sentido el progreso del conocimiento consiste en sustituir conceptos observacionales por conceptos trasempíricos, y, análogamente, la hipótesis experiencial, centrada en torno al sujeto, por hipótesis centrada en torno al objeto.

4. Hipótesis cuyo correlato es un *modelo*. Estas hipótesis no tienen correlato inmediato: sus correlatos son modelos teóricos que, a su vez, se presentan como reconstrucciones aproximadas de sistemas reales (sec. 8.4). Así, por ejemplo, las leyes teóricas de la física y la economía se refieren directamente a objetos ideales (movimiento sin roces, empresa libre, etc.) que no son sino a lo sumo aproximaciones groseras. Todos los enunciados legaliformes cuantitativos y trasempíricos son en realidad enunciados de correlato modelo, de modo que no puede esperarse que se apliquen sin error alguno a sistemas reales.

En la sección siguiente se examinan más aspectos de la riqueza de las hipótesis.

Problemas

5.3.1. Formular una hipótesis científica y realizar un análisis sintáctico de los predicados que se presenten en ella (número, grado y carácter métrico).

- 5.3.2. Formular una hipótesis científica de cada alcance posible.
- 5.3.3. Ilustrar los conceptos de hipótesis aislada e hipótesis sistémica.
- 5.3.4. Tomar un enunciado de ley cuantitativa que tenga la forma de una ecuación y no pueda tener ejemplos de sustitución a menos de someterlo a alguna transformación.
- 5.3.5. Citar un par de predicados distributivos (hereditarios) y otro de predicados globales (no-hereditarios).
- 5.3.6. Ilustrar los conceptos de hipótesis en bruto e hipótesis refinada.
- 5.3.7. ¿Por qué se prefieren las igualdades a las desigualdades?
- 5.3.8. Examinar las dos opiniones siguientes: (i) las hipótesis científicas son generalizaciones universales referentes a la experiencia; (ii) las hipótesis científicas expresan relaciones entre hechos.
- 5.3.9. Formular con detalle las condiciones que tiene que satisfacer una conjetura para referir a experiencia humana y ser, a pesar de ello, una hipótesis, no un mero resumen de experiencia actual. *Problema en lugar de ése*: Estudiar la exposición que hace Platón, en el *Fedón*, del método de las hipótesis.
- 5.3.10. Estudiar detalladamente las hipótesis de “como-si”, por ejemplo: “Las fuerzas gravitatorias obran sobre los cuerpos como si estos últimos estuvieran concentrados en su centro de masa”. ¿Es posible prescindir de la expresión ‘como si’?

5.4. CLASES: PUNTO DE VISTA GNOSEOLÓGICO

Adoptemos ahora un punto de vista gnoseológico y dirijamos la atención al arranque, la ostensividad y la profundidad de las hipótesis. Por lo que hace al *arranque*, las hipótesis científicas pueden producirse por analogía, inducción, intuición, deducción y construcción. En realidad, esas palabras representan sólo tipos ideales: toda hipótesis propiamente dicha es una construcción levantada con la ayuda de inferencias de toda clase. Por eso hablaremos más bien de hipótesis halladas *predominantemente*—no exclusivamente— por analogía, inducción, intuición, deducción o construcción.

1. Las hipótesis halladas *analógicamente* son las inferidas mediante argumentos de analogía o por la captación intuitiva de parecidos. Podemos distinguir dos tipos de salto analógico: (i) *analogía sustantiva*, como cuando la respuesta de un organismo a un estímulo sugiere la hipótesis de que en un organismo diferente tendrá también lugar la misma relación estímulo-respuesta; (ii) *analogía estructural*, como cuando se sospecha que la ley de crecimiento de una población tiene la misma forma que la ley de crecimiento de un individuo. La analogía sustantiva (semejanza específica) se refiere a propiedades específicas y va de un individuo a otro individuo; la analogía estructural, en cambio, afecta a semejanzas formales entre sistemas, físicos o conceptuales. Estas inferencias analógicas pueden producirse espontáneamente: sólo sus justificaciones apelan a esquemas de inferencia más estrictos.

2. Las hipótesis halladas inductivamente son las compuestas sobre la base del examen caso por caso. Podemos distinguir entre dos tipos de generalización inductiva: (i) *inducción de primer grado*, o inferencia que va de enunciados particulares a enunciados generales, como cuando del examen de cierto número de casos individuales se infiere que “El estudio del francés interfiere con el aprendizaje simultáneo del italiano”; (ii) *induc-*

ción de segundo grado, o generalización de generalizaciones de primer grado, como cuando se imagina la conjetura general “El aprendizaje de cualquier tema interfiere con el de cualquier otro tema contiguo” sobre la base de generalizaciones de primer grado referentes al aprendizaje de concretos pares de temas. La inducción, especialmente cuando *no* parte de enunciados empíricos singulares, tiene un lugar importante en la construcción de la ciencia, pero su papel es mucho más importante en la “inferencia de conclusiones” a partir de la comparación de previsiones teóricas generales con datos empíricos.

La inducción *empírica*, esto es, la generalización de casos observados, ha sido groseramente sobrestimada por los filósofos, cuya atención estaba absorbida por los primeros estadios (pre-teóricos) de la investigación, así como por la contrastación empírica de hipótesis no-inductivas. *El inductivismo se ha visto además estimulado por las doctrinas conductista (watsoniana) y mecanicista (pavlovista) del aprendizaje, según las cuales no sólo el aprendizaje pre-conceptual (como el de una habilidad o un lenguaje), sino también el aprendizaje de *cualquier* clase, se hace sobre la base del refuerzo de cada ensayo por otro y mediante la generalización de asociaciones. Según esas doctrinas—extrapoladas desde los experimentos de animales que corren por laberintos hasta abarcar también la construcción de teorías— el crecimiento del conocimiento científico no sería más que una acumulación de esquemas de comportamiento útiles (reforzados), inicialmente conseguidos por una ciega conducta de ensayo y error. En realidad, ni siquiera los ratones del laboratorio se comportan estrictamente según esa opinión, sino que proceden con determinadas expectativas; pero además, esos animales no sólo refuerzan con la experiencia su comportamiento, sino que también lo modifican. Por lo demás, cualquiera que sea el comportamiento de los ratones, parece que los hombres aprenden a plantear y a resolver problemas *conceptuales* por el procedimiento de formular conjeturas y someterlas metódicamente a contrastación. Algunas de esas conjeturas son efectivamente el resultado de experiencia acumulada en una dirección (inducciones empíricas, pues), pero resulta que esas conjeturas carecen de interés científico precisamente porque no rebasan en mucho la experiencia. Las conjeturas más importantes se consiguen sobre la base de poca experiencia —o ninguna— de tipo pre-conceptual: no son soluciones a corrientes y recurrentes problemas empíricos, sino a nuevos problemas de naturaleza conceptual. El inductivismo, que basta para dar razón de ciertos procedimientos rutinarios, deja de explicar el planteamiento de problemas originales y su resolución mediante la invención de hipótesis enteramente nuevas, y, más precisamente, de hipótesis que refieren a hechos objetivos o a modelos idealizados de los mismos, y no a experiencia inmediata (cf. sec. 5.3).*

3. Las hipótesis halladas *intuitivamente* son aquellas cuya introducción no ha sido planeada, y que tienen un aspecto natural y obvio: para una visión primaria y superficial, parecen nacidas por generación espontánea, sin investigación previa ni elaboración lógica. Pero esta impresión es falsa, pues toda hipótesis tiene que ir por lo menos acompañada por el “sentimiento” de que es lógicamente consistente, compatible con el cuerpo del conocimiento previo y contrastable, si es que tiene que considerarse científica; y ese “sentir” no significa sino un sospechar oscuramente (cf. sección 5.1). Muchas hipótesis que hoy día parecen “naturales”, “obvias” e “intuitivas” son construcciones bastante elaboradas que no habrían podido concebirse en épocas anteriores ni en distintos climas intelectuales. Por ejemplo, la hipótesis según la cual existe una relación fija entre la cantidad de

calor que emite una estufa eléctrica y la cantidad de energía eléctrica que consume parece ahora obvia porque pagamos el consumo de energía; pero ni siquiera se imaginó —por no hablar ya de comprobar— antes de que se sospechara que la electricidad podría convertirse en calor, sospecha confirmada por J. P. Joule en 1843. La hipótesis, no menos “natural”, de que el efecto biológico de una droga está relacionado con su constitución química no se formuló hasta esa misma época aproximadamente (J. Blake, 1841). Esas dos hipótesis eran tan poco intuitivas en el momento en que se formularon que tuvieron que luchar seriamente hasta ser reconocidas: pasar este hecho por alto es tan insensato como negar que la invención de hipótesis no se consigue mediante la mera acumulación de datos, sino que exige alguna intelección y se produce frecuentemente como una iluminación —pero jamás sin algún conocimiento previo y su ponderación.

4. Las hipótesis *deductivamente* obtenidas son las que se deducen de proposiciones más fuertes. Pueden distinguirse entre ellas tres subclases: (i) *teoremas*, o consecuencias lógicas de algunos de los supuestos anteriores de una teoría, como, por ejemplo, las hipótesis relativas a la distribución geográfica de una determinada especie, cuando se derivan de postulados biogeográficos generales; (ii) *inferencias basadas en teorías de más amplio alcance*, como ocurre cuando una relación termodinámica se deduce de principios de mecánica estadística.

5. *Construcciones* más o menos elaboradas y que no se infieren visiblemente de nada, sino que se imaginan con la ayuda explícita de algunos instrumentos conceptuales. Por ejemplo, teniendo en cuenta determinadas ecuaciones de movimiento, se cortan a medida, por así decirlo, los principios más fuertes de la física (los principios variacionales), al modo como Newton probó con varias funciones para expresar la distancia entre los cuerpos, hasta tropezar con la ley de la razón inversa del cuadrado, única que llevaba a las leyes de Kepler a través de sus propias leyes del movimiento (todas las cuales son a su vez construcciones típicas).

Pero el hecho de que las construcciones no se infieran ni deduzcan de otras proposiciones no debe movernos a creer que sean agudezas *libremente* inventadas: las hipótesis científicas nacen como respuestas a problemas determinados que se formulan en un cuerpo dado de conocimiento, y se espera que superen la contrastación con nueva experiencia. Y aunque cualquier conjunto de datos puede recogerse por varias hipótesis, éstas no se presentan más que en inteligencias entrenadas y tienen que satisfacer ciertos requisitos, en vez de ser arbitrarias; ésta es, precisamente, la diferencia entre una conjetura sin fundamento y una hipótesis científica.

Y el hecho de que no existan técnicas *infallibles* para la formación de hipótesis no implica que no existan determinados *enfoques*: existen tantos cuantos modos de pensar. Un modo de pensar característico de nuestra época es el estilo probabilístico. Considérese, por ejemplo, la transmisión de mensajes a lo largo de un canal como puede ser una línea telefónica de larga distancia. Supongamos que el problema consista en formular una hipótesis sobre la inteligibilidad de esos mensajes. Una medición adecuada de la inteligibilidad de una palabra para su receptor es la probabilidad de que éste pueda indentificarla correctamente a la primera presentación de la misma. Una vez cuantificado de este modo, y dilucidado al mismo tiempo, el concepto de inteligibilidad, es más bien fácil construir una hipótesis relativa a la inteligibilidad de un mensaje tras un determinado número de

repeticiones: la teoría matemática de la probabilidad actúa aquí como una incubadora de la hipótesis factual. Análogamente, el biólogo teórico usará teorías físicas para la formación de hipótesis biológicas, y el historiador usará teorías sociológicas para la formación de hipótesis históricas. Este procedimiento que consiste en hacer que una teoría de especie distinta incube una hipótesis de la teoría propia podría llamarse *técnica de cuclillo*.

En todo caso, el hecho es que las hipótesis científicas nacen de diversos modos y tienen frecuentemente un origen espúreo, en el sentido de que las argumentaciones que llevan a ellas son inconsecuentes, o bien proceden de presentimientos equivocados. Las vías que llevan a la *formulación de hipótesis científicas* son intrincadas y a menudo enrevesadas; por esta razón, al exponerlas por escrito, los científicos suelen reconstruirlas enteramente, para desesperación del historiador y del psicólogo de la ciencia. (La presentación sistemática de un tema no coincide casi nunca con su presentación histórica; muy frecuentemente, la una es la inversa de la otra. Así, por ejemplo, una *presentación histórica* de la genética mostraría la cadena siguiente: variaciones individuales –herencia mendeliana– base cromosomática –genes– moléculas de DNA. En el momento de escribir estas páginas, una *presentación sistemática* podría partir de las moléculas de DNA [hipótesis de nivel alto] y terminar con las consecuencias observables en cuanto a caracteres fenotípicos [hipótesis de nivel bajo].) Las hipótesis científicas no quedan legitimadas o refutadas por su *origen*, sino por el poder de las *contrastaciones* teóricas y empíricas a que se someten: una hipótesis aspira a obtener certificados de contrastación, no certificados de nacimiento.

Examinemos ahora el problema del *grado de ostensividad* (o, por el contrario, de abstracción) de las hipótesis científicas. Esta característica se determina por el grado de ostensividad de los predicados que aparecen en ellas. Consiguientemente, podemos adoptar la dicotomía, usada para conceptos, observacionales/no-observacionales (cf. sec. 2.6).

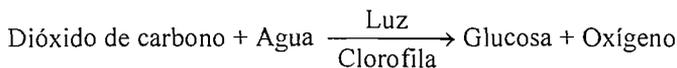
Las hipótesis *observacionales*, o de nivel bajo, no contienen más que conceptos observacionales, o sea, conceptos referentes a propiedades observables como la posición, el color, la textura. Muchos objetos teóricos que se consideran hechos son en realidad hipótesis de nivel bajo, como “Los pájaros ponen los huevos en nidos.” Hablando estrictamente, ninguna hipótesis puramente observacional puede formar parte de teorías propiamente dichas, puesto que estas últimas contienen conceptos teóricos; las hipótesis observacionales no pueden sino generalizar situaciones observables, y si se incluyen en alguna teoría tiene que ser mediante su traducción a enunciados no-observacionales.

2. Las hipótesis *no-observacionales* son las que contienen conceptos no-observacionales, ya sea variables intervinientes (por ejemplo, “promedio”), ya sea construcciones hipotéticas (por ejemplo, “inercia”). Tales conceptos no se encuentran entre los datos empíricos en bruto, pero el conocimiento ordinario está lleno de ellos: “alegría”, “amor”, “pensamiento”, “objetivo” y otros muchos conceptos parecidos no pueden ser nunca objeto de observación para establecer si son verdaderos o falsos de algo: esto tiene que suponerse o inferirse siempre. Los conceptos no-observacionales *ordinarios* pueden presentarse en las hipótesis científicas del estadio descriptivo de una disciplina; tal es el caso de “El suicidio es más frecuente entre los protestantes que entre los católicos.” Pero en los estadios ya más adelantados no se encuentran más que hipótesis no-observacionales *teóricas* como “La inhibición de la digestión en los estados de tensión emo-

cional favorece el uso de la sangre por los órganos efectores.” Existen también hipótesis de nivel intermedio, las cuales contienen a la vez conceptos ordinarios y conceptos teóricos y funcionan como puentes entre la teoría y la experiencia. Un ejemplo de esas hipótesis *mixtas* o intermedias es “La carne es rica en proteínas.” La presencia de hipótesis mixtas en una teoría es condición suficiente de la contrastabilidad empírica de ésta, pero no es una condición necesaria: en la mayoría de los casos las predicciones de la teoría se traducirán a un lenguaje semi-empírico: por ejemplo, ‘rayo de luz’ se traducirá por ‘haz de luz’. Lo importante para una hipótesis científica no consiste en asegurar la presencia de conceptos ordinarios en ella, y aún menos la de conceptos observacionales: lo que hay que garantizar es la ausencia de conceptos inescrutables en la hipótesis, tales como “energía de la libido” o “movimiento desde el futuro hacia el pasado”. Para ser contrastable, una hipótesis no tiene que contener más que predicados *escrutables*, por complicados que sean.

El tercer y último rasgo epistemológico de las hipótesis que vamos a considerar aquí es la *profundidad*. Desde este punto de vista las hipótesis pueden dividirse en fenomenológicas (que no hay que confundir con fenoménicas, con la experiencia como correlato) y no-fenomenológicas, o representacionales.

1. Las hipótesis *fenomenológicas* son aquellas que, ya contengan conceptos observacionales, ya sean construcciones abstractas (esto es, epistemológicamente altas), no se refieren al funcionamiento interno de los sistemas, sino sólo a su comportamiento externo. Todas las relaciones factor-producto (*input-output*) en termodinámica, ingeniería eléctrica o economía son fenomenológicas en la medida en que no se refieran a los procesos por los cuales los factores se convierten en productos. Análogamente, las fórmulas químicas que no especifican la estructura química ni los mecanismos de reacción son hipótesis fenomenológicas. Consideremos, por ejemplo, la fórmula de la síntesis de la glucosa en las hojas de las plantas verdes:



Esa fórmula no dice sino que “bajo la acción de la luz” y “en presencia de clorofila”, ciertas sustancias se transforman en otras sustancias. No se indican los modos de acción de la luz y de la clorofila: todo el asunto se trata como una caja negra sin estructura que, de algún modo misterioso, convierte ciertos factores en ciertos productos. Sólo cuando, con más conocimiento, se estudian los mecanismos fotoquímicos y enzimáticos de la fotosíntesis, se rebasa el estadio fenomenológico.

2. Las hipótesis *representacionales* o “mecánicas” rebasan los equilibrios insumo-producto: especifican mecanismos, los cuales, por lo demás, no tienen que ser necesariamente mecánicos en el sentido estricto del engranaje y la polea. Los conceptos teóricos de las hipótesis representacionales aspiran a denotar propiedades reales: no son simples variables útiles para condensar y computar datos. Por ejemplo, un planteamiento representacional del ferromagnetismo y la ferroelectricidad no se limitará a formular relaciones fenomenológicas entre polarización y temperatura, sino que intentará explicar esas relaciones deduciéndolas de hipótesis representacionales más profundas; en particular, intentará explicar la brusca caída de la polarización que se produce a cierta tempe-

ratura crítica como efecto de un cambio discontinuo de la estructura microscópica o semi-microscópica. O tomemos el ejemplo del crecimiento biológico. Podemos reunir y generalizar mediante curvas estudios empíricos del crecimiento de individuos y poblaciones. Como esas curvas se refieren a intervalos temporales limitados, pueden ser recogidas por infinitas funciones que relacionen la dimensión de la entidad biológica con su edad. Cada una de esas funciones será una hipótesis fenomenológica sobre el crecimiento. Si no se dispone de conjetura alguna sobre el mecanismo del crecimiento, no podremos decidir cuál de ese conjunto infinito de hipótesis fenomenológicas es la más verdadera. Puede disminuirse esa incertidumbre mediante supuestos determinados respecto de los procesos de crecimiento –supuestos diferentes para los individuos y para las poblaciones. Por ejemplo, en el caso del crecimiento individual podemos formular la hipótesis de que la expansión de la célula es por lo menos tan importante como su reproducción, mientras que por lo que hace a poblaciones podemos formular la hipótesis de que lo único que cuenta es la reproducción. De este modo se construyen hipótesis mecanísticas, que son más fuertes. No hay, además, límite que pueda ponerse a su corrección; por ejemplo, puede también tenerse en cuenta la competición con otras entidades. En cualquier caso, mientras que el planteamiento fenomenológico nos daba una infinidad de hipótesis rivales, el planteamiento representacional da de sí un manajo de hipótesis que concurren a explicar los mismos datos; además, ahora puede aducirse otra clase de evidencia empírica, no directamente referida al crecimiento, sino a otros procesos (por ejemplo, la competencia intraespecífica) en favor o en contra de las hipótesis representacionales.

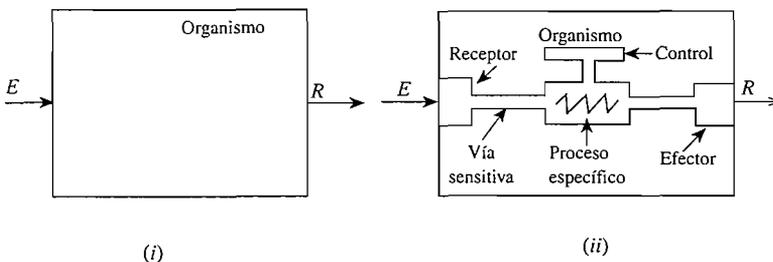


FIGURA 5.3. Dos enfoques psicológicos. (i) Enfoque fenomenológico (de la caja negra): relaciones funcionales $R = F(E)$ entre los estímulos E y las respuestas R . (ii) Enfoque mecanístico (de la caja traslúcida): un sistema de conjeturas (una teoría) que considera el mecanismo responsable del comportamiento visible, explicando así la hipótesis fenomenológica $R = F(E)$.

Algunas escuelas filosóficas, especialmente el positivismo y el convencionalismo, rehúyen las hipótesis mecanísticas por el hecho de que éstas rebasan con mucho la condensación de los datos; esas escuelas toleran el uso de conceptos no-observacionales siempre que se consideren como intermediarios simbólicos (variables intervinientes) entre conceptos observacionales, y no como representativos de rasgos reales, aunque no observables. La decisión entre esta línea de conducta y la que consiste en animar incluso a la introducción de construcciones hipotéticas con sólo que sean escrutables es una cuestión filosófica, pero no debe tomarse en beneficio de una determinada escuela filosófica,

pues eso sería fatal para la ciencia. Así, por ejemplo, la decisión de considerar el concepto de “impulso” o tendencia como una construcción hipotética más bien que como una variable interviniente tiene que basarse en el descubrimiento de que todo impulso estudiado hasta ahora tiene un *correlato neurológico*. Lo mismo puede decirse de todas las leyes de la psicología del comportamiento: puesto que sabemos que en el organismo vertebrado hay un proceso de excitación del sistema nervioso central que media entre todo estímulo y su respuesta, nos vemos movidos a formular la hipótesis de que toda hipótesis fenomenológica (conductística) sobre el comportamiento cuenta con un conjunto subyacente de leyes neurofisiológicas (cf. figura 5.3).

La negativa a investigar este supuesto aísla a la psicología de la biología, le priva de evidencia de un tipo nuevo (neurofisiológica) y de una fundamentación capaz de explicar lo superior a base de lo inferior. Dicho de otro modo: la disputa en torno a los conceptos de *variable interviniente* y *construcción hipotética* es una discusión metacientífica, pero tiene que resolverse en interés del progreso de la ciencia, y no apelando a dogmas filosóficos. Y el progreso científico ha consistido en gran medida en formular hipótesis —a veces confirmadas— sobre la existencia de cosas y propiedades imperceptibles, y de mecanismos que explican lo que puede percibirse. Las hipótesis representacionales, que admiten órganos y funciones además del comportamiento, son *más profundas* que las correspondientes hipótesis fenomenológicas, en el sentido de que alcanzan niveles de realidad más profundos. Al mismo tiempo, esas hipótesis son lógicamente *más fuertes*, puesto que implican las hipótesis fenomenológicas; y son *mejor contrastables*, porque son sensibles a más pequeños detalles y a una experiencia más varia. Por eso el oponerse a ellas es oponerse a la maduración de la ciencia.

Pero es ya hora de estudiar el fundamento de las hipótesis.

Problemas

5.4.1. Ilustrar las siguientes clases de hipótesis científicas: hipótesis halladas por analogía, por inducción, por intuición, por deducción; hipótesis construidas.

5.4.2. Examinar la opinión de H. Poincaré, según la cual ciertas hipótesis científicas son *naturales*, en el sentido de que no podemos eliminarlas. Entre ellas citaba (i) la contigüidad (acción por contacto), (ii) la continuidad de la relación causal y (iii) la linealidad (superponibilidad) de los pequeños movimientos. Cf. *La Science et l'Hypothèse*, cap. IX. *Problema en lugar de ése*: Elaborar la distinción, esbozada en el texto, entre inducción no-empírica e inducción empírica.

5.4.3. Comentar el siguiente caso de invención de hipótesis. J. Dalton inventó la ley de las presiones parciales: “La presión de cada constituyente de una mezcla gaseosa es independiente de las presiones de los demás componentes.” Dalton halló esta ley basándose en un supuesto falso, como expone T. G. Cowling en *Molecules in Motion*, 1950, Nueva York, Harper and Brothers. 1964, p. 34: “Dalton, creyendo que las presiones de un gas se deben a la repulsión recíproca de sus moléculas, entendió esa ley en el sentido de que una molécula sólo es repelida por otras iguales. En consecuencia, declaró, ninguna presión atmosférica, por fuerte que sea, puede detener la evaporación del agua si el aire está perfectamente seco; pero la evaporación se detiene sin más en cuanto que el aire contiene la cantidad adecuada de agua, porque las moléculas de vapor repelen hacia abajo todas las moléculas que en otro caso se separarían del agua. Dalton tiene toda la razón al decir que la evaporación no puede detenerse más que por la presencia de suficiente vapor de

agua en el aire; Dalton tenía el don, común a todos los hombres realmente grandes, de llegar por lo común a conclusiones correctas aun llevado por argumentaciones deficientes”. Considerar el arranque de la ley, su profundidad y la profundidad de sus hipótesis subyacentes. *Problema en lugar del anterior*: Estudiar el modo cómo C. Darwin derivó su hipótesis de la tasa geométrica del aumento de la población partiendo de la teoría malthusiana de la población. *Problema en lugar del anterior*: Examinar la inferencia por Goethe de su hipótesis evolucionista a partir de la idea de que todo ser vivo es copia de un tipo ideal (arquetipo).

5.4.4. Formular una hipótesis observacional y otra no-observacional y llevar a cabo un análisis epistemológico de ambas. *Problema en lugar de ése*: Formular varias hipótesis para explicar algún hecho reciente de la propia experiencia; clasificarlas.

5.4.5. Indicar si las siguientes hipótesis son observacionales o no-observacionales. Hay que prestar atención a las diferencias entre propiedades efectivamente observadas y propiedades observables (entre las cuales se incluyen las que pudieron haber sido observadas, pero no lo fueron). (i) “Los vikingos llegaron a Norteamérica durante la Edad Media”. (ii) Todo cuerpo persiste en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme a menos que se vea obligado a cambiar ese estado por fuerzas que se le impriman” (primera ley newtoniana del movimiento). (iii) “El 90% de los pacientes neuróticos han mejorado mucho, o se han curado, al cabo de cinco años, se les haya tratado o no”. *Problema en lugar de ése*: Informar y comentar a propósito de “The Black Box” (La caja negra), cap. 6 de la obra de W. R. Ashby, *An Introduction to Cybernetics*, 1956. Nueva York. John Wiley, 1963.

5.4.6. Las supersticiones nacen frecuentemente de uno de los siguientes modos: (i) se observa unas cuantas veces una coincidencia casual entre A y B o incluso sólo una vez, y se forja la conjetura de que todos los A son B , o a la inversa; (ii) se inventa una conjetura para dar razón de algún hecho, y se acepta porque no hay ninguna otra a mano o porque concuerda con el cuerpo de creencias dominante. ¿Proceden de ese modo los científicos? *Problema en lugar de ése*: Según Hume y sus seguidores, toda hipótesis (i) se produce por inducción, por mucho que rebase las evidencias disponibles para ésta, y (ii) se sostiene por la costumbre. Examinar esta doctrina en la versión dada por N. Goodman, *Fact, Fiction and Forecast*, Londres, Athlone Press, 1954, en la cual el hábito psicológico se sustituye por un “atrincheramiento” en el lenguaje de los predicados “que habitualmente hemos proyectado”, o sea, a propósito de los cuales hemos hecho previsiones.

5.4.7. W. Gilbert (1600) explicaba la orientación, bastante fija, de la brújula suponiendo (h_1) que nuestro planeta es un gran imán en interacción con la aguja. Y para explicar el campo magnético terrestre formuló la hipótesis de que hay materiales magnéticos subterráneos (h_2) y corrientes eléctricas por debajo de la superficie (h_3). Analizar esta situación y determinar si el seguir preguntando no puede llevar a una regresión al infinito. *Problema en lugar de ése*: Examinar la difundida creencia según la cual Kepler consiguió sus leyes contemplando las tablas de Tycho Brahe, y Newton su ley gravitatoria partiendo exclusivamente de las leyes de Kepler. Si el lector cree esas historias, que se aplique él mismo la receta a sus estudios.

5.4.8. Los experimentos han enseñado que la movilidad de los electrones en el seno de semiconductores (como el germanio que se utiliza en los transistores) es bastante independiente del campo eléctrico que se les aplique (h_1). La primera hipótesis propuesta para explicar esa generalización fue que los electrones encuentran una resistencia que se contrapone al campo externo (h_2). ¿(Qué es lo que puede haber sugerido h_2 ? ¿Era h_2 , fenomenológica o representacional? El paso siguiente consistió en explicar h_2 . Se supuso primero que la resistencia se debía a las colisiones de los electrones con los átomos (h_3), pero esta hipótesis tenía consecuencias contrastables que resultaron falsas. La hipótesis aceptada en el momento de escribir estas páginas es que lo que se opone al impulso de los electrones son las ondas elásticas (sonoras) producidas por el movi-

miento térmico de los átomos (h_4). Analizar esta situación. *Problema en lugar de ése*: ¿Cuáles son las diferencias entre la medicina que se limita a describir y correlatar síntomas y la medicina que, según C. Bernard, intenta descubrir “*la filiation physiologique des phénomènes*”?

5.4.9. ¿Se obtienen las hipótesis a partir de algo o son inventadas? (Aspecto psicológico) ¿Son inferidas o puestas? (Aspecto lógico). Indicaciones: (i) considerar si la experiencia puede suministrar, o sugerir al menos, proposiciones referentes a hechos no experimentados; (ii) considerar el “hecho” de que sólo las personas problemáticamente orientadas, de carácter inquisitivo, quedan sin satisfacer por lo que reciben de los sentidos; (iii) hojear W. Whewell, *Novum Organum Renovatum*, 3a. ed., Londres, 1858, pp. 64ss. *Problema en lugar de ése*: Según el inductivismo, las hipótesis científicas se consiguen mediante inferencia a partir de los datos. Si tal es el caso, ¿cómo puede ser que, por definición, las hipótesis rebasen los datos?

5.4.10. La intensidad percibida, ψ , de un estímulo físico que tiene la intensidad S se nos da por la ley psicofísica de S. S. Stevens: $\psi = k \cdot S^p$, en la cual el valor preciso de p es característico para cada clase de estímulo y se encuentra entre 0,3 y 3,5. Esta ley fenomenológica ha sido confirmada para más de doce clases de percepción (brillo, longitud aparente, duración, peso, velocidad, etc.). Las constantes k y p que aparecen en esa ley son puramente numéricas: no tienen interpretación psicológica, por no hablar ya de interpretación fisiológica. Examinar la validez de la “ley” de Stevens (reproducida en casi todos los manuales de psicología) en vista de que no hace lugar a la inhibición ni al estado interno del animal. *Problema en lugar de ése*: La historia social y la historia económica estudian los mecanismos responsables de ciertas regularidades históricas. Estudiar esto como un caso de interpretación de hipótesis fenomenológicas por medio de hipótesis representacionales.

5.5. FUNDAMENTO

Las hipótesis científicas, cuando son verdaderas, resultan ser afortunadas penetraciones mentales, pero no nacen por generación espontánea ni se aceptan sin más por el hecho de ser afortunadas, o sea, de recoger los hechos. Las hipótesis científicas están todas más o menos basadas o *fundamentadas* en conocimiento previo, o sea, que se proponen, se investigan y se sostienen sobre la base de determinados fundamentos que no son sólo los datos que recogen. El hecho de que esos fundamentos no se consideren nunca definitivos, sino que muchas veces tengan que sustituirse, es una evidencia más en favor de la tesis de que siempre se busca el mejor fundamento para una hipótesis científica. La tarea de fundamentar las hipótesis científicas en bases distintas de la evidencia empírica puede entenderse como su *justificación teórica* (o convalidación teórica). La justificación de esa denominación consiste en que la mejor fundamentación de una hipótesis es su inserción en una teoría, o sea, en un sistema de hipótesis que se apoyan y controlan mutuamente. (El considerar la relación de fundamentación como una relación de orden estrictamente lineal nos llevaría a una regresión al infinito.)

Además, las hipótesis científicas no merecen que se las someta a la contrastación con la experiencia más que si existe alguna razón para sospechar que pueden superar esa prueba; o sea, que tienen antes que aparecer como conjeturas razonables, y no simples ocurrencias arbitrarias. Por regla general, no se desperdicia esfuerzo alguno a propósito de

ocurrencias de este último tipo; así, por ejemplo, no suelen financiarse investigaciones sobre conjeturas injustificadas, aunque sean contrastables. Una hipótesis puede ser completamente nueva y excéntrica, pero tiene que respetar de algún modo el cuerpo capital del conocimiento y la tradición de la ciencia, no tanto en cuanto a la letra (resultados) como en cuanto a lo que se llama el espíritu de la ciencia (sus métodos, sus fines y sus grandes ideas). O sea: el material en bruto al que hay que aplicar el método de la ciencia, las ideas sin elaborar o a medio elaborar que hay que estudiar, tienen que concebirse según el espíritu de la ciencia. Dicho de otra manera: el valor veritativo previo de la hipótesis, su valor veritativo respecto del conocimiento previo, tiene que ser distinto de la falsedad. Pero incluso la hipótesis mejor fundada debe proponerse con una sonrisa, como gusta de decir Szent-Györgyi.

Lo entendido por espíritu de la ciencia depende del estado del conocimiento y hasta de la moda científica: después de todo, no es sino una parte o parcela de lo que suele llamarse el espíritu de la época (*Zeitgeist*), o sea, del conjunto de ideas y normas básicas que modelan ya nuestra selección y nuestro planteamiento de problemas (cf. sec. 4.3). Este concepto de clima intelectual es un concepto mal determinado, pero una vez liberado de resonancias espiritualistas, resulta ser útil para comprender la gestación y la recepción de las hipótesis científicas: nos ayuda a entender, por ejemplo, por qué tantas ideas que hoy día parecen obvias no se “vieron” así en otros tiempos, y por qué se tomaron en cambio como obvias en el pasado tantas ideas falsas. Las hipótesis, científicas o no, no nacen nunca en un vacío, ni se estiman nunca aisladas de la herencia intelectual general propia de la atmósfera intelectual de un ambiente o de un periodo. Digámoslo de un modo ligeramente distinto: la invención, la investigación, la aceptación y la recusación de hipótesis no son más que un aspecto de la creación de cultura. Consiguientemente, el no prestar atención más que a su forma lógica y a su apoyo empírico es revelar una visión muy miope de la cultura. Un par de ejemplos pueden ilustrar este punto.

En 1630, J. Rey, un oscuro físico francés, publicó una obra en la que presentaba dos hipótesis originadas por sus propios experimentos, así como una regla de método que había empleado en ellos. Las hipótesis eran: que el peso de los metales aumenta al calentarlos (a causa de la “absorción de aire”), y que en toda transformación de esa clase se conserva el peso. La regla de método decía que en todas las reacciones químicas hay que controlar por medio de la balanza los pesos de los cuerpos. El eficaz Mersenne comentó el libro en 1634, y la obra se reimprimió en 1777, pero las ideas de Rey no consiguieron predicamento. A. L. Lavoisier las volvió a inventar y las refinó entre 1772 y 1789; por lo demás, las aportaciones de Rey que hemos resumido son precisamente el núcleo de la revolución científica provocada por Lavoisier. ¿Por qué no ha sido históricamente Rey un precursor de Lavoisier? ¿Por qué no ha desempeñado ningún papel en el desarrollo de la química? Sus ideas se despreciaron porque no armonizaban con la doctrina química dominante en su época, y porque ésta se consideraba entonces satisfactoria. Efectivamente, incluso el simple uso de escalas era en aquella época cosa exclusiva del físico; la conservación del peso no podía atraer a personas presas en la creencia aristotélica en que el peso no es una propiedad primaria, sino accidental; y el aumento de peso del metal durante la calcinación (explicado por Rey como una absorción de aire) no podía convencer a personas que creían que cierta tierra o “cal” (lo que llamamos un óxido) es más elemental y,

por tanto, más simple, que un metal. En resolución: Rey no consiguió dar a sus ideas y procedimientos una fundamentación aceptable para sus contemporáneos (se encontrarán más detalles de esta historia en la sec. 14.1).

Nuestro segundo ejemplo se refiere a I. Semmelweis, el médico vienés que explicó en 1847 la mortal fiebre puerperal como una consecuencia del transporte involuntario, por comadronas y médicos, de “material cadavérico” manejado en la sala de disección. Propuso consiguientemente que todo el personal de la maternidad se lavara y desinfectara las manos antes de pasar de una sala a otra. Esto bastó para reducir la mortalidad de un 12% a un 1%, lo cual dio un robusto apoyo empírico a la hipótesis de Semmelweis. Pues bien: no se le creyó, se le combatió y se le llevó finalmente a la locura. Ahora nos es muy fácil condenar a sus críticos contemporáneos, incluyendo entre ellos al gran patólogo R. Virchow; pero la actitud de éstos, aunque dogmáticos, no era infundada. La hipótesis de Semmelweis entraba en conflicto con la teoría patológica dominante, según la cual la enfermedad se desarrolla y reside en nuestros cuerpos (teoría de los factores endógenos). Esta teoría había sido de una fecundidad enorme, porque había orientado a los médicos al estudio del cuerpo humano, en vez de permitirles contentarse con aludir a vagos factores exógenos, como los demonios, los miasmas y los gérmenes. La teoría de los gérmenes, que había explicado la malaria en la Antigüedad y la tuberculosis y la peste en los siglos XVII y XVIII, había quedado desacreditada por buenas razones: en primer lugar, no había sido corroborada independientemente, pues no se habían identificado ni aislado los gérmenes que suponía; en segundo lugar, aconsejaba la resignación ante lo inevitable, más que la investigación y la lucha, mientras que la semifalsa teoría del origen citológico de la enfermedad había dado un impulso poderoso a la citología y a la patología. Además, Semmelweis no había ofrecido explicación alguna del mecanismo contagioso: para esto hubo que esperar hasta Pasteur y su escuela, que mostraron que los microbios pueden reproducirse a enormes velocidades. En resolución: la hipótesis de Semmelweis carecía de justificación teórica y contradecía una teoría aceptada y fecunda: era sólo una feliz ocurrencia que no se aceptó hasta que quedó inserta en la teoría de los gérmenes patógenos.

Los casos de Rey, Semmelweis y otros innumerables precursores ignorados nos enseñan varias moralejas. En primer lugar, que la exigencia de fundamentación o convalidación teórica tiene *dos caras*: por un lado nos protege contra las ideas extravagantes; por otro lado, si se exagera, puede agostar cualquier número de verdades y, en particular, puede retrasar o hasta impedir cambios revolucionarios en la ciencia. En segundo lugar; la exigencia de concordancia con los hechos (convalidación empírica) es también de *dos caras*: por un lado es una condición necesaria de la verdad y una protección contra la especulación; por otro lado, puede consagrar hipótesis infundadas y resueltamente falsas (por ejemplo, correlaciones meramente casuales, pero de larga duración) y en muchas mentalidades puede anular el deseo de convalidación teórica. La exigencia de fundamentación y la de contrastación empírica, si se cumplen independientemente la una de la otra, tienen que manejarse con cuidado para evitar la recusación dogmática de la verdad y la aceptación dogmática del error. El camino óptimo consiste en elaborar simultáneamente la convalidación teórica y la empírica.

Rara vez —si es que ocurre alguna— tenemos directamente la ocurrencia de hipótesis plenamente fundadas y convalidadas y, además, interesantes; generalmente procedemos

por ensayo y error, guiados por intuiciones más o menos oscuras; y frecuentemente partimos de ocurrencias sin fundar y sin contrastar. Podemos, en efecto, distinguir los siguientes niveles en la operación de conjeturar: ocurrencias, hipótesis empíricas, hipótesis plausibles, hipótesis convalidadas.

1. *Ocurrencias*: son hipótesis sin fundar ni contrastar. Son sin duda sugeridas oscuramente por conocimiento anterior y por nueva experiencia, pero no quedan suficientemente justificadas por todo ello: siguen colgadas en el aire (cf. fig. 5.4 [i]). El predominio de ocurrencias caracteriza la especulación, la pseudociencia y los estadios primitivos del trabajo teórico.

2. *Hipótesis empíricas*: son conjeturas sin fundamentar, pero empíricamente convalidadas. Una hipótesis empírica es una conjetura aislada sin más apoyo que el ambiguo ofrecido por los hechos que recoge: carece de convalidación teórica (cf. fig. 5.4 [ii]). Pertenecen a este nivel las correlaciones empíricamente registradas en medicina, las reglas pragmáticas de la meteorología sinóptica, y las reglas de este tipo que se observan en la metalurgia y en la agricultura. Cuando en un campo dominan hipótesis empíricas, podemos hablar de conocimiento empírico propiamente dicho.

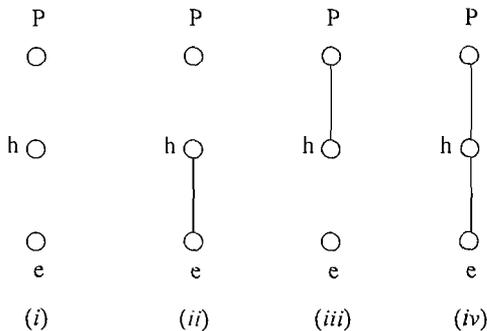


FIGURA 5.4. Cuatro niveles de convalidación: el conocimiento previo, P, y la nueva experiencia, e, pueden combinarse para dar (i) ocurrencias, (ii) hipótesis empíricas, (iii) hipótesis plausibles o (iv) hipótesis convalidadas.

3. *Hipótesis plausibles*: son hipótesis fundamentadas, pero sin contrastar. La hipótesis plausible es una conjetura razonable que no ha pasado la prueba de la experiencia, pero que, en cambio, puede sugerir las observaciones o los experimentos que servirían para someterla a contrastación: carece de justificación empírica, pero es contrastable (cf. fig. 5.4 [iii]). La conjetura de J. C. Maxwell sobre la existencia de ondas electromagnéticas fue hipótesis plausible que inauguró todo un nuevo campo de investigaciones.

4. *Hipótesis convalidadas*: son hipótesis bien fundadas y empíricamente confirmadas (cf. fig. 5.4 [iv]). El predominio de hipótesis de este nivel caracteriza el conocimiento teórico y es la señal de la ciencia madura. Si una hipótesis convalidada es, además, general y sistémica, la honramos con el título de ley; y si su estatuto lógico en un sistema es el de un supuesto inicial (axioma), la llamamos principio. Pero si notamos seriamente que ninguna nueva experiencia ni ningún razonamiento nuevo podrá nunca afectar a nuestra hipótesis convalidada, la clasificamos entre las verdades de la lógica... o fundamos una nueva religión.

La historia de la ciencia es en gran medida una secuencia de transiciones entre esas

clases de hipótesis –y no sólo hacia adelante, de las ocurrencias a las hipótesis convalidadas, sino también hacia atrás, de verdades “definitivas” a especulaciones sin fundamento. La conversión de una hipótesis parcialmente sustanciada en una hipótesis convalidada tiene una hermosa ilustración: el descubrimiento del planeta Neptuno. El problema inicial no consistía en contemplar el cielo en búsqueda de un nuevo objeto, sino en explicar la “anomalía” que presenta el movimiento aparente de Urano. Esa “anomalía” era simplemente una discrepancia entre los valores observados y los valores calculados de las posiciones de ese planeta. Puesto que los valores calculados eran ligeramente erróneos, las hipótesis empleadas en el cálculo tenían que tener algún defecto. Estas hipótesis eran principalmente las siguientes: el sistema solar es un objeto en lo esencial auto-determinado, a causa de la gran distancia que lo separa de los demás cuerpos celestes (h_1); Urano es el planeta más externo, por tanto, sólo el Sol y los demás planetas influyen en su movimiento (h_2); las leyes newtonianas del movimiento (h_3 , una conjunción de hipótesis); y la ley gravitatoria de Newton (h_4). El problema de explicar la “anomalía” del movimiento de Urano consistía en descubrir el componente falso de la conjunción h_1 & h_2 & h_3 & h_4 . Debido al gran éxito de las hipótesis generales h_3 y h_4 dentro y fuera del sistema solar, se hacían sospechosas las hipótesis h_1 y h_2 , más específicas; de esas dos, h_1 no podía ser culpable en este caso: en efecto, si la “anomalía” se debiera a una influencia procedente de fuera del sistema solar, ¿por qué iba a presentarla sólo Urano entre todos los planetas? F. W. Bessel conjeturó que h_2 podía ser falsa, y propuso, aunque sin elaborarla, su negación $-h_2$, o sea, “Urano no es el planeta más externo”, o su equivalente “Hay al menos un planeta más allá de Urano”. No se trataba de una conjetura infundada, pues el descubrimiento de Urano mismo había sido precedido por la conjetura de la existencia de una “estrella errante”; además, h_2 no tenía más apoyo que la débil evidencia de observación. Dicho brevemente: $-h_2$ era una hipótesis plausible sin contrastar.

Algún tiempo después, J. C. Adams (1843) y U. J. Le Verrier (1846) elaboraron (teóricamente), con independencia el uno del otro, la hipótesis plausible $-h_2$, para lo cual tuvieron que introducir varias hipótesis auxiliares, la principal de las cuales era que el nuevo planeta se movía en el plano de la eclíptica. Su problema consistía pues en hallar la órbita, la velocidad y la masa del nuevo planeta hipotético, de tal modo que el haz de hipótesis diera razón del movimiento “observado” de Urano. La única “evidencia” era en este caso la discrepancia entre los datos de observación y las predicciones hechas sobre la base de h_2 : los datos mismos no imponían hipótesis alguna. Los cálculos hechos sobre la base de $-h_2$ y con la ayuda de la teoría matemática de las perturbaciones incluía una consecuencia contrastable, a saber, la dirección precisa en la cual habría que apuntar un telescopio una noche determinada para ver el hipotético planeta. Se eligió la noche del 23 al 24 de septiembre de 1846; el astrónomo J. Galle observó el lugar previsto y vio el nuevo planeta, al que se dio el nombre de Neptuno; pero cualquier otro astrónomo habría podido conseguir la misma confirmación de la predicción teórica. Con esto la hipótesis plausible $-h_2$, de débil fundamento y sin contrastar, pasó aquella noche a la categoría más alta: se convirtió en una hipótesis convalidada. Después se hallaron también anomalías en la órbita de Neptuno, se forjó la hipótesis de otro planeta más, Plutón, y por último se descubrió este planeta (1930). Pero en el momento de escribir estas páginas se discute seriamente la existencia de Plutón.

Obsérvese la naturaleza de la argumentación en los tres casos (Urano, Neptuno y Plutón). La argumentación no parte de observaciones positivas, sino de una discrepancia entre las previsiones teoréticas y los datos, discrepancia que sugiere que hay algún error al menos en uno de los supuestos (Si $P \vdash t$ y si la experiencia falsa t , entonces inferimos $\neg P$. Pero la lógica sola no nos dice qué miembro del conjunto de supuestos P es falso). Se examina críticamente el registro de datos de cada supuesto hasta descubrir el más probable causante y sustituirlo finalmente por una nueva hipótesis plausible. (Las ocurrencias arbitrarias, como la de que las anomalías son caprichos del planeta, o efectos psicocinéticos de un poderoso mago, no se toman siquiera en consideración.) Se consiguen consecuencias contrastables de la nueva hipótesis mediante los medios disponibles, y, si es necesario, mediante conjeturas y técnicas adicionales. Por último, se lleva a cabo un conjunto de observaciones para conseguir la contrastación. El conjunto del procedimiento es *hipotético-deductivo*, y ya la misma *búsqueda de más evidencia está sugerida por la hipótesis* misma, no al revés.

Escribamos, por último, unas pocas palabras cautas por lo que hace al concepto de *hipótesis rivales*, que se presenta en toda situación en la cual se trate de hipótesis. En primer lugar, las hipótesis rivales son recíprocamente *incompatibles*, no pueden afirmarse conjuntamente; pero ‘incompatibilidad’ no significa “contradictoria”. En particular, si las hipótesis contienen conceptos cuantitativos, queda asegurada la posibilidad de una infinidad de hipótesis incompatibles y no contradictorias. Piénsese en el conjunto infinito de hipótesis supuesto por la fórmula “ $y = x^n$ ”, siendo el campo de n el conjunto de los enteros: “ $y = x$ ”, “ $y = x^2$ ”, “ $y = x^3$ ”, etc. ‘Contradictorias’ no se aplica más que a partes de fórmulas tales que una sea la negación lógica de la otra. Así, por ejemplo, la contradictoria de “ $y = x^n$ ” es “ $y \neq x^n$ ”, y la contradictoria de “Todo A es B ” es “No todo A es B ”, no “Ningún A es B ” (o “Todo lo que es un A no es un B ”), ni “Algunos A son B ”. Moraleja: no hay que derrochar la palabra ‘contradictorio’.

En segundo lugar, hay y habrá siempre cierto número de hipótesis rivales para dar razón de un mismo conjunto de datos: pero no estarán todas necesariamente igual de autorizadas en su pretensión de verdad. Así, por ejemplo, si una hipótesis h da razón de la evidencia e , las hipótesis $h \& p$ y $h \& \neg p$, que son mutuamente incompatibles y en las cuales ‘ p ’ designa un supuesto cualquiera, recogerán también esa misma evidencia, puesto que ambas implican h , la cual a su vez implica e . Pero si no hay razón alguna para aceptar p en vez de $\neg p$, o al revés, entonces lo mejor que podemos hacer es olvidarnos de p : y no añadiremos p o $\neg p$ al cuadro más que si éstas pueden someterse a una contrastación *independientemente*, o sea, si p (o $\neg p$) implica nuevas consecuencias contrastables no implicadas por h sola. En general, salvo que sean todas infundadas, las hipótesis rivales que se disputan un área fáctica no estarán *igualmente* fundadas e *igualmente* contrastadas, por lo que no serán igualmente verosímiles.

Pero el tema de la contrastabilidad merece una sección propia.

Problemas

5.5.1. ¿Qué razones tenía Colón para suponer que encontraría tierra firme navegando hacia el Oeste? ¿Concordaba su conjetura con la opinión dominante? ¿Habría recibido ayuda financiera si no hubiera presentado ningún argumento en favor de su hipótesis? *Problema en lugar de ése*: Examinar las razones de Copérnico en favor de la hipótesis heliocéntrica.

5.5.2. Puede un biólogo creer en la inmortalidad del hombre? Cualquiera que sea la respuesta, ¿se basará sólo en información empírica? Sugerencia: pensar en los mecanismos de envejecimiento, tales como el daño de las moléculas de ADN y la apoptosis.

5.5.3. ¿Cuáles son las razones –si existen– para admitir las siguientes hipótesis? (i) Que todas las estrellas son esféricas o aproximadamente esféricas; (ii) que hay otras mentes además de la nuestra propia; (iii) que hay organismos extraterrestres.

5.5.4. Los especialistas en educación suelen afirmar que lo que determina esencialmente una buena enseñanza es el dominio de las técnicas didácticas (h_1); ésta es, al menos, la justificación teórica de la existencia de escuelas de pedagogía. En cambio, los profesores de ciencias tienden a creer que lo que determina esencialmente una buena enseñanza, por lo menos la de la ciencia, es una clara comprensión del tema y afición al mismo, así como el interés por los alumnos (h_2). Discutir las justificaciones teóricas y empíricas –si las tienen– de esas hipótesis rivales. Y, si es posible, proceder en consecuencia. *Problema en lugar de ése*: La hipótesis de la continuidad del movimiento, que es un supuesto de la mecánica, resulta empíricamente incontrastable de modo directo. ¿Por qué se mantiene? Indicación: imagínese lo que nos impondría la tesis de la discontinuidad.

5.5.5. Para explicar la precesión del perihelio de Mercurio, que no quedaba explicada por la astronomía newtoniana, Le Verrier formuló la hipótesis de la existencia de un nuevo planeta, Vulcano, al que supuso inobservable desde la Tierra por encontrarse constantemente oculto por el Sol. ¿Qué le sugirió la invención de esa hipótesis? ¿Era esta hipótesis contrastable antes del desarrollo de la astronáutica? ¿Cómo se ha resuelto finalmente el problema?

5.5.6. Las siguientes hipótesis estaban lejos de poseer una buena fundamentación cuando fueron propuestas por vez primera: (i) que la materia está íntimamente constituida por átomos invisibles (los atomistas griegos e indios); (ii) que más de una estrella tiene que ser sol de un sistema planetario (G. Bruno, a fines del siglo XVI); (iii) que los enlaces químicos son básicamente eléctricos (J. Davy, 1807); (iv) que el hidrógeno es el elemento básico de todos los elementos químicos (J. Prout, 1815); (v) que el cerebro es una especie de pila eléctrica (J. Herschel, 1830). ¿Eran completamente inútiles? *Problema en lugar de ése*: ¿Resulta verdadera toda hipótesis plausible (bien fundada)? ¿Y es plausible toda hipótesis verdadera?

5.5.7. Clasificar las hipótesis supuestas en el siguiente resumen de recientes estudios sobre el hambre. En primer lugar, se ha hallado en el hombre una correlación sistemática entre la obesidad y ciertas lesiones del hipotálamo. Luego se hicieron experimentos con animales y quedó confirmada la correlación. Ésta se explica suponiendo que las lesiones eliminan ciertas inhibiciones. La hipótesis queda luego refutada experimentalmente, al observar que ratones que sufren dichas lesiones presionan la palanca que les suministra el alimento menos rápidamente que otros ratones normales. Por último, se intenta la hipótesis –convalidada en el momento de escribir esto– de que ciertas sustancias químicas, implantadas en determinados lugares del cerebro, estimulan el apetito.

5.5.8. Examinar las siguientes normas metacientíficas: (i) Las hipótesis científicas tienen que fundarse en principios de razón *a priori* (racionalismo tradicional). (ii) Las hipótesis científicas tienen que basarse exclusivamente en datos empíricos (empirismo tradicional).

5.5.9. Examinar la tesis según la cual las hipótesis científicas son injustificadas e injustificables, y la única razón para sostenerlas (temporalmente) es que superen severas contrastaciones empíri-

cas: pero los intentos de justificarlas llevan a círculos viciosos o a una regresión al infinito. Cf. K. R. Popper. *The Logic of Scientific Discovery*, 1935, Londres, Hutchinson, Nueva York, Basic Books, 1959, cap. x. *Problema en lugar de ése*: Estudiar ese planteamiento, que niega la justificabilidad, en el contexto de la filosofía; siguiendo la sugerencia de Popper lo elabora W. W. Bartley III en "Rationality versus the Theory of Rationality", en M. Bunge (ed.), *The Critical Approach*, Nueva York, The Free Press, 1964.

5.5.10. Examinar la situación siguiente, presentada por N. Goodman, en *Fact, Fiction and Forecast*, Londres, Athlone Press, 1954, cap. III:

e = Todas las esmeraldas conocidas son verdes.

h_1 = Todas las esmeraldas son y serán siempre verdes.

h_2 = Todas las esmeraldas serán verdes hasta el año 2000, y entonces se volverán azules. (Abreviaremos: "todas las esmeraldas son G ".)

Es claro que h_1 y h_2 son incompatibles: sin embargo, tienen la misma justificación empírica, el mismo apoyo inductivo. R. Carnap intentó hacer frente a esta dificultad estipulando que los predicados no-temporales deben preferirse a los temporales. Cuestiones: (i) ¿Es la anterior situación poco frecuente en la ciencia, o ejemplifica, por el contrario, la tesis metacientífica de que ningún conjunto de datos apunta inequívocamente a una hipótesis determinada? (ii) ¿A cuál de los cuatro niveles discutidos en el texto (véase fig. 4) pertenece h_2 ? (iii) ¿Qué base puede tener la estipulación de Carnap? (iv) ¿Cómo reaccionaría un científico ante h_2 , o sea, ante la ocurrencia de " G " (verde antes del año 2000 y azul después)? (v) ¿Se inventan *ad libitum* los predicados en la ciencia? (vi) ¿Es legítimo eliminar los predicados que causan dificultades a los filósofos?

5.6. CONTRASTABILIDAD

Son incontrastables las fórmulas que no pueden someterse a contrastación y a las cuales, por tanto, no es posible atribuir un valor veritativo. Pero si no pueden estimarse, es que no tienen valor veritativo: no son ni verdaderas ni falsas. Dicho de otro modo: los valores veritativos no son inherentes a las fórmulas, sino que se les atribuyen mediante metaenunciados como " p es factualmente verdadera". Y no pueden hacerse atribuciones de verdad factual más que en base a contrastaciones empíricas. No conocemos, efectivamente, ningún otro método sino la experiencia para establecer por contrastación la verdad factual. Así pues, la contrastabilidad empírica es *un medio para averiguar valores veritativos factuales*, y no para obtener la verdad, pues las contrastaciones no dictan hipótesis, sino que los hechos proceden más bien a la inversa; además, una contrastación puede ser desfavorable o no concluyente. Un repaso de los expedientes que pueden usarse para eludir la contrastación empírica puede iluminar el concepto de contrastabilidad, el cual es a la vez enredado y central para la metodología de la ciencia.

El mejor procedimiento para eludir la contrastación empírica consiste en abstenerse de formular hipótesis, contentándose con contemplar nuestras preciosas experiencias privadas, sin intentar ni entenderlas, ni siquiera obrar, puesto que la explicación y la acción racional exigen hipótesis. Difícilmente nos equivocaremos si limitamos nuestro lenguaje a frases como 'Tengo en este momento una sensación de dureza'. Aún más: difícilmente sentiremos la necesidad de contrastar tales enunciados egocéntricos mediante otros enunciados de la misma clase, pues lo que necesita contrastación es el incierto salto más

allá de la experiencia inmediata. No se trata de que los juicios de experiencia inmediata estén sustraídos a toda posibilidad de error, sino de que –salvo en el caso del estudio psicológico de las ilusiones– raras veces vale la pena ponerlos a prueba.

Las llamadas *proposiciones de protocolo*, formuladas en un lenguaje fenomenalista –como ‘Veó en este momento una mancha roja’– se suponen a veces no rectificables, con lo que esas ideales piedras angulares de la ciencia se presentan como conocimiento cierto (no corregible). Pero el hecho es que los enunciados fenomenalistas son corregibles en principio e inútiles para la construcción de la ciencia. En efecto: si se los juzga a la luz de proposiciones de objeto físico, es posible mostrar a veces el error de juicios de percepción: podemos corregir y corregimos en la práctica y afinamos enunciados fenomenalistas con la ayuda de instrumentos y razonamientos científicos que utilizan hipótesis relativas a objetos físicos: así ocurre, por ejemplo, cuando decimos que los rayos que vemos en las estrellas no se encuentran en ellas, sino que se producen en el medio refringente (atmósfera, telescopio, ojo). En resolución, los juicios de percepción, aunque no pueden corregirse mediante juicios *de esa misma clase* (referidos al mismo órgano de los sentidos), pueden corregirse mediante juicios de un nivel superior. En segundo lugar, los enunciados fenomenalistas no son expresiones perfectas, sin distorsión, de pura experiencia preconceptual y sin prejuicio, pues la misma experiencia humana no está nunca completamente libre de la influencia de las expectativas y de las opiniones: en alguna medida, vemos lo que estamos dispuestos a ver, y dejamos de ver lo que no esperamos ver. Además, la expresión de experiencias tiene naturalmente lugar en el lenguaje, y ningún lenguaje propiamente dicho puede evitar el manejo de palabras universales, como ‘sentir’ (o ‘tener la sensación de’) y ‘rojo’. En tercer lugar, partiendo de meras proposiciones de protocolo no puede inferirse nada que tenga interés científico, como no se recurra a la ayuda de alguna teoría. Cuando alguien pretende “inferir una conclusión” partiendo exclusivamente de un conjunto de juicios de percepción, lo único que puede afirmar correctamente es que esos juicios le empujan (psicológicamente hablando) hacia alguna hipótesis; pero individuos diferentes, que tengan cada uno su propia formación previa, pueden “inferir” muy distintas “conclusiones” de unas mismas experiencias. En cuarto lugar, no pueden utilizarse enunciados fenomenalistas en bruto como evidencia en favor o en contra de hipótesis: esos enunciados tienen antes que interpretarse, esto es, tienen que transformarse en enunciados objetivos formulados en el mismo lenguaje de objeto físico que la hipótesis. O sea: tal como se presentan fenomenalísticamente, esos enunciados no son ni sustitutivos de las hipótesis científicas ni siquiera evidencia relevante para ellas.

Sin duda admitiremos que las proposiciones fenomenalistas son las menos inciertas entre todas las proposiciones empíricas, precisamente por ser las que menos comprometen. Pero no quedan a cubierto de toda crítica, ni, cosa más importante, forman parte de la ciencia, precisamente porque quedan limitadas al sujeto, mientras que la ciencia aspira a objetividad (cf. sec. 1.1). Las proposiciones fenomenalistas salen, desde este punto de vista, peor paradas incluso que el conocimiento ordinario, el cual se expresa principalmente en enunciados del tipo del lenguaje de objeto físico: por regla general no decimos ‘Veó una mancha marrón de la forma de una mesa’, sino ‘Aquí hay una mesa marrón’, o bien un análogo enunciado centrado en algún objeto. La pretensión de que los objetos físicos son inferidos, o incluso de que son nociones metafísicas, y de que sólo el objeto

fenoménico —o sea, la mesa percibida, no la mesa física— está directamente dado, es una tesis discutida por la física, la psicología y la antropología. En realidad, mientras que cada vez es más posible analizar sensaciones sobre la base de procesos físicos, la reducción inversa es imposible. Por eso los niños, los primitivos y los adultos que no sufren de sofisticación filosófica no son fenomenistas ni hablan como tales: sólo ciertos filósofos, en su búsqueda de certeza, inventan objetos puramente fenoménicos y lenguajes fenomenalistas. En cualquier caso, el atenernos a la experiencia inmediata —de ser ello posible— no nos liberaría tampoco de los demonios fisicalistas, pues los juicios de objeto físico se piensan espontáneamente a propósito de fenómenos, mientras que las proposiciones fenomenalistas suelen más bien inferirse de esos juicios espontáneos. Pero ni siquiera en el caso de que fueran eficaces los ritos de purificación fenomenista se interesaría la ciencia por ellos, porque la investigación científica es el arriesgado intento de saltar más allá de la apariencia, a los hechos objetivos, y esto le obliga a inventar hipótesis. La ciencia no se interesa por la apariencia sino en la medida en que ésta es una ambigua pista de la realidad.

Otro expediente para eludir la contrastación empírica consiste en maximizar la *vaguedad*. Ciertas frases restrictivas como ‘en determinadas circunstancias’, ‘en condiciones favorables’ y ‘*mutatis mutandis*’ pueden producir fáciles verdades, o sea, verdades tan insensibles a los detalles empíricos que llegan a parecerse mucho a las verdades lógicas. Así, por ejemplo, difícilmente pondrá en duda un psicólogo moderno que “La condición del sistema nervioso en un determinado momento determina el comportamiento en un momento posterior”. Pero esa proposición es tan vaga que casi resulta incontrastable, y la incontrastabilidad es un precio demasiado elevado para comprar con ella la certeza. En realidad, si la condición, el comportamiento y la relación entre una y otro no se especifican, cualquier ejemplo de comportamiento servirá como evidencia confirmadora de esa hipótesis, puesto que, cualquiera que sea su naturaleza, todo acontecimiento comportamentístico estará sin duda precedido por *algún* estado del sistema nervioso; sólo si se formula la hipótesis de una *precisa* relación entre los estados neurales y los de comportamiento conseguiremos una hipótesis plenamente contrastable. En general, las relaciones funcionales indeterminadas —o sea, las funciones no especificadas, de tal modo que no pueda inferirse una variable de las demás— son incontrastables. Una expresión como “*y depende de x*”, o sea “ $y = f(x)$ ”, no es una proposición, sino una función proposicional, si no se especifican (interpretan) más que las variables y se deja sin determinar la función *f*. Es obvio que no podemos someter a contrastación algo que no ha sido siquiera formulado. En este caso no nos encontramos propiamente con una hipótesis, sino con una *hipótesis de relación*, una hipótesis de trabajo o de programática que es como un hueco a rellenar mediante la investigación. A veces adoptamos fórmulas vagas, por ignorancia o porque deseamos que sean lábiles, del mismo modo que el legislador adopta frecuentemente expresiones vagas con el fin de dejar los detalles en manos del juez. Pero antes de intentar tales supuestos, tenemos que precisarlos: tal como se presentan, evitan demasadamente todo compromiso, y las contrastaciones empíricas lo que buscan es precisamente obligarnos a comprometernos.

Pero el modo más difundido y cándido —o perverso, según los casos— de eludir la contrastación empírica y conseguir certeza es formular hipótesis sobre objetos *inescrutables*. El diablillo o el espíritu maligno de Descartes, “sumamente poderoso e inteligente y que

hace todo lo que puede por engañar” al filósofo, sin permitirle darse cuenta de que le está engañando, es un objeto inescrutable de este tipo. Pues haga lo que haga Descartes, no podrá nunca detectar la presencia de ese espíritu maligno: localizarle supondría haber eludido su vigilancia, lo cual queda excluido *ex hypothesi*. Así también es insensible a toda evidencia la hipótesis de la existencia del alma: ni siquiera la decapitación de una persona, con el cese del sentir y el pensar en ésta, falseará esa hipótesis, pues no podrá argüir que todo lo que ha ocurrido con la decapitación es que el alma ha perdido su canal normal de comunicación con el mundo material. Si rechazamos la hipótesis de la existencia del alma, no es porque haya sido brillantemente *refutada* por experimentos modernos, sino más bien porque ningún experimento imaginable puede rectificarla ni siquiera ligeramente. Otro distinguido miembro de la clase de las hipótesis evasivas es el siguiente: “Todo lo que hace un organismo se debe a que algún instinto le mueve a comportarse de ese modo.” Cuando una madre protege a su hijo, se trae a colación el instinto maternal, y cuando un hombre ataca a otro se involucra el instinto de agresión. Y si una madre no protege a su hijo o si un hombre no ataca a nadie, entonces se nos explica que el instinto es débil, o está latente, o reprimido, o dominado por un instinto más fuerte, como el de conservación. De ese modo se consigue que todo dato imaginable aparezca como evidencia en favor de la hipótesis, y no podemos rechazar esas conjeturas tildándolas de falsas, sino porque la experiencia es irrelevante para ellas y, por tanto, no podemos atribuirles ningún valor veritativo. Y como lo que deseamos es conseguir la verdad, aunque sea parcialmente, no podemos considerar esas fórmulas evasivas como candidatas al título de hipótesis científicas.

Otro expediente, más refinado, para eludir la contrastación empírica, sin dejar de hablar al mismo tiempo muy sinceramente de la experiencia consiste en presentar conjeturas que, cada una por sí misma, pueden ser contrastables o no serlo, pero que, en todo caso, se salvan de cualquier refutación mediante supuestos *ad hoc*. Con objeto de levantar ese muro protector de la conjetura básica, la protectora no tiene que ser *independientemente contrastable*. Supongamos que deseamos salvar la dinámica aristotélica haciéndola coherente con el principio de inercia, según el cual, a falta de fuerzas externas, un cuerpo permanece en reposo o en movimiento con velocidad constante. Puede fácilmente conseguirse un parche de este tipo añadiendo la hipótesis *ad hoc* de que todo cuerpo está sometido a una fuerza interna constante, independiente de la constitución y la estructura del mismo y, por tanto, inescrutable. Con este añadido, la ley básica de la dinámica aristotélica se convierte en lo siguiente: “La fuerza total (interna más externa) es proporcional a la velocidad”. Y en ausencia de fuerzas externas, nos queda: “La fuerza interna es proporcional a la velocidad”; y como esta fuerza interna es constante por hipótesis, la velocidad también es constante, lo cual concuerda con la ley de inercia. Luego se explica el caso del reposo como un equilibrio entre la fuerza interna del cuerpo y las fuerzas internas del medio. Mas la teoría así salvada con ese parche resulta incoherente con otros hechos no tenidos en cuenta al proponer la hipótesis *ad hoc*. Así, para la caída libre en el vacío tendríamos que sumar la fuerza interna al peso constante del cuerpo, y hallaríamos una velocidad constante, en contradicción con el experimento. Como todas las conjeturas de este tipo, nuestra hipótesis *ad hoc* no es coherente con la *totalidad de la evidencia*: lo cual era inevitable, puesto que se introdujo sólo para salvar la *ley básica aristotélica* de una sola de

sus consecuencias desfavorables. Pocas hipótesis *ad hoc* son expedientes de uso universal, como la hipótesis *ad hoc* freudiana de la represión (cf. sec. 1.6).

*No siempre es fácil determinar la contrastabilidad empírica: a veces una hipótesis científica se considera (erróneamente) empíricamente contrastable (o incontrastable). Un caso famoso de este tipo es el llamado principio de exclusión por competencia, en ecología, el cual puede formularse así: “Competidores completos no coexisten mucho tiempo”. El principio significa que si dos poblaciones de especies diferentes tienen las mismas exigencias ecológicas y ocupan el mismo territorio, una de ellas acabará por extinguirse. Se admitió que el principio, aunque verdadero, era insensible a la experiencia, porque si dos especies en competencia completa coexisten a pesar de ello, siempre podemos salvar el principio admitiendo que hay en su ecología alguna diferencia pequeña y aún por registrar, pero que se descubrirá un día. Pasando por alto las confusas alusiones a un enunciado verdadero y al mismo tiempo supuesto incontrastable, esa objeción es correcta. Pero no ejemplifica sino una dificultad común a todas las hipótesis científicas: la suposición de una identidad exacta, si se refiere a objetos concretos, no puede ser sino aproximadamente verdadera (cf. sec. 6.1). En realidad, podemos estar seguros de que no habrá dos especies que tengan exactamente la misma ecología, de modo que ya por anticipado sabemos que el principio ecológico de exclusión no puede ser rigurosamente verdadero. Lo que hay que hacer no es rechazar el principio, sino darle una forma más realista, relajando la cláusula y no exigiendo más que una ecología análoga en las especies competidoras: dicho brevemente, formulándolo para competidores *casi* completos. En esta forma el principio es: “Para todo x y para todo y , si x e y son competidores *casi* completos, entonces x se extingue o y se extingue”. Para someter esa hipótesis a contrastación reunimos dos poblaciones de exigencias ecológicas muy parecidas y observamos su desarrollo. Esto quiere decir que afirmamos a título de ensayo la hipótesis: afirmamos firmemente su antecedente y ponemos a prueba su consecuente. Al cabo de un tiempo recogemos datos acerca del consecuente (o sea, la extinción de una especie) e inferimos el valor veritativo de la hipótesis. Si averiguamos que una de las poblaciones se ha extinguido o casi extinguido, inferimos que el principio ha quedado *confirmado en este caso*. Si descubrimos, en cambio, que las dos especies coexisten, inferimos que la hipótesis ha sido *refutada* en este caso, y, por tanto, refutada como hipótesis universal. En este último caso podemos intentar salvar la hipótesis suponiendo que el periodo de observación ha sido insuficiente para permitir que se manifestaran las ventajas de una especie respecto de la otra. De este modo puede retrasarse por algún tiempo la decisión desfavorable, pero el crítico tiene siempre derecho a pedir que el principio se reformule entonces de un modo más preciso, con una referencia al periodo de extinción supuesto para una de las poblaciones, o a la intensidad de la concurrencia en que se encuentren las dos especies. Desde este punto de vista la vaga formulación del principio ecológico de exclusión no difiere de la de cualquier otra hipótesis laxamente presentada. En conclusión, el principio *es débilmente contrastable*, pero no insusceptible de contrastación. Moraleja: habría que introducir un concepto comparativo de contrastabilidad.*

‘Empíricamente contrastable’ significa sensible a la experiencia. Ahora bien: una hipótesis sensible a datos empíricos puede verse apoyada (confirmada) o minada (desconfirmada) por ellos. Las hipótesis contrastables pueden por tanto ser (*i*) puramente *confir-*

mables, (ii) puramente *refutables* o (iii) *confirmables y refutables*. Las hipótesis puramente confirmables son las menos contrastables, pero podemos someterlas a prueba si tienen algún fundamento. Si no nos interesa en absoluto la confirmabilidad —esto es, si somos refutabilistas extremos— perderemos la oportunidad de aplicar nuestras hipótesis a casos particulares y observar cómo se comportan. Por otra parte, de seguir esa corriente refutabilista extrema no podríamos tampoco interesarnos por la verdad factual, puesto que ésta se contrasta en parte por la *concordancia* con los hechos, o sea, por confirmación. Aún más: tendríamos que aceptar como científica una conjetura estúpida como aquella de Himmler según la cual las estrellas son de hielo; pues una conjetura así no puede ser sino refutada. Consiguientemente, convendremos en (i) que la confirmabilidad es *necesaria y suficiente* para la contrastabilidad empírica, y (ii) que la refutabilidad no es necesaria ni suficiente para la contrastabilidad empírica, pero sí necesaria para la contrastabilidad *óptima*, propia de hipótesis que pueden ser confirmadas y refutadas, o sea, de hipótesis para las cuales puede concebirse, basándose en el conocimiento previo, una evidencia favorable y una evidencia desfavorable. Y recordaremos al mismo tiempo que la contrastabilidad sola, sin fundamento o convalidación teórica, es insuficiente para considerar científica una hipótesis (cf. la sec. anterior).

Si rechazáramos todas las hipótesis puramente confirmables (irrefutables), mutilaríamos a la ciencia, arrebatándole amplios sectores en los cuales desempeñan un papel de importancia hipótesis existenciales indeterminadas (“Hay algún *A*”) e hipótesis probabilitarias (“La probabilidad de que un *A* sea *B* es igual a *p*”). Examinemos esos dos tipos de hipótesis. “Hay alguna señal más rápida que la luz” es una *hipótesis existencial indeterminada*. Sólo puede confirmarse: el hecho de que no se detecte ni produzca nunca una tal señal no refutará concluyentemente la posibilidad de descubrirla o producirla en el futuro, del mismo modo que los lamentables fracasos de la divisa de 1789 *Liberté, égalité, fraternité* no destruyen la hipótesis programática de que sea posible construir una sociedad humana sobre la base de la libertad, la igualdad y la fraternidad. Sólo argumentaciones teóricas muy sólidas pueden decidir (temporalmente) acerca de tales hipótesis. Negar la existencia de señales más rápidas que la luz por el mero hecho de que no se ha hallado hasta ahora evidencia en su favor o porque ninguna teoría conocida las prevé sería simple dogmatismo. *Suele creerse que las teorías relativistas prohíben la existencia de señales más veloces que la luz, pero esa creencia es errónea: esas teorías dicen a este respecto que los *cuerpos* no pueden alcanzar la velocidad de las ondas electromagnéticas. Pero eso no niega ni puede negar la existencia de otras clases de campos con diferente velocidad de propagación.* También sería dogmático afirmar aquella hipótesis, pues, en última instancia, su único apoyo —bastante débil— es la hipótesis ontológica de la variedad ilimitada de la naturaleza, junto con el precepto epistemológico de no tomar las fronteras del conocimiento humano por límites de la naturaleza. No podemos afirmar aquella hipótesis más que por vía de ensayo, y sólo si disponemos de alguna indicación de que su estudio va a valer la pena.

Es indiscutible el valor *heurístico* de muchas de esas hipótesis irrefutables y confirmables. Piénsese, por ejemplo, en las hipótesis “Hay transuranios”, “Hay antiprotones”, “Hay neutrinos”, todas ellas exclusivamente confirmables y sumamente fecundas. Además, ninguna investigación histórica sería posible sin hipótesis de este tipo. Considere-

mos, por ejemplo, el caso del paleontólogo que, sobre la base de su conocimiento de una especie viviente y de su extinguido antepasado, formula la hipótesis de la existencia de una forma intermedia. Su único fundamento es hasta este punto la hipótesis básica de la cuasi-continuidad de las líneas de descendencia biológicas. El que no se encuentre evidencia, ni viva ni fósil, en favor de su hipótesis del eslabón perdido no contará gran cosa contra ella. De hecho el paleontólogo protegerá su fundada conjetura con la hipótesis *ad hoc* (pero contrastable en principio) de que ningún resto del eslabón intermedio puede haber llegado a nosotros, ya porque no se dieran las condiciones de fosilización, ya porque haya destruido toda evidencia algún proceso físico, como un cataclismo geológico. Sólo el efectivo descubrimiento de un ejemplar parecido a la reconstrucción imaginaria acentuará la hipótesis —o, por mejor decir, una versión refinada de la misma—; pero mientras no se cuente con ese descubrimiento, habrá que acoger la hipótesis para salvar un importante cuerpo de conocimiento. Si no se hubiera seguido en esta línea de conducta, habría habido que rechazar la hipótesis darwiniana de la ascendencia del hombre y, por tanto, esa hipótesis no habría orientado la investigación de campo que llevó finalmente a su propia confirmación. Análogamente, el *detective* se dará razón de algunos de sus fracasos con la hipótesis “Hay crímenes que no dejan huellas perceptibles”, y el epistemólogo postulará “La mayoría de los acontecimientos no son observados”. Hay buenos motivos para considerar verdaderas muchas hipótesis de este tipo, y, por tanto también para aceptarlas; pero, en todo caso, no existe procedimiento para refutarlas.

También las *hipótesis probabilistas* son confirmables e irrefutables, o, a lo sumo, débilmente refutables. Consideremos la hipótesis: “La probabilidad de sacar un as con un dado cualquiera sin trampa es de $1/6$ ”. Se trata de una conjetura fundada, más que de una mera generalización empírica a partir de la observación de pasadas experiencias. El hecho es que el estudio dinámico del dado muestra que todas sus caras tienen la misma probabilidad de salir. El problema consiste pues en preguntar a la experiencia si es efectivamente verdadera la hipótesis fundada “ $P(as) = 1/6$ ”. Antes de someter la hipótesis a contrastación tenemos que formularla con términos empíricos, porque la probabilidad es tan inobservable con la honestidad: sustituimos “probabilidad” por “frecuencia relativa a largo plazo”, y “sin trampa” u “honestamente” por “equilibrado”. Pedimos además que el lanzamiento del dado sea casual, no orientado. Con estas transformaciones nuestra inicial hipótesis probabilista se ha convertido en la siguiente conjetura, que es estadística y física: “La frecuencia relativa a largo plazo del acontecimiento ‘as’ en una secuencia de lanzamientos al azar de un dado equilibrado es próxima a $1/6$ ”. Supongamos ahora que lanzamos el dado 60 veces y que sólo observamos la salida de un as, en vez de las 10 salidas de ese as aparentemente previstas por nuestra hipótesis. ¿Rechazaremos ésta? En modo alguno: sabemos que la ausencia de datos favorables no es una refutación fuerte en el caso de hipótesis estadísticas. Lo que probablemente haremos es asegurarnos de que han quedado satisfechas las condiciones de equilibrio del dado y de lanzamiento al azar; si nuestro examen no descubre defecto alguno desde esos puntos de vista, concluiremos que hemos contemplado una serie poco probable, aunque posible, de acontecimientos desafortunados. Sabemos que a corto plazo pueden ocurrir anomalías como ésa, y que las leyes estadísticas no valen más que a plazo largo. Por tanto, probamos de nuevo con una secuencia más larga, de 600 lanzamientos, por ejemplo. Y si la frecuencia observada sigue

siendo muy diferente de la prevista, podemos seguir aferrándonos a nuestra hipótesis, puesto que la sabemos muy bien *confirmada* por pasadas experiencias, y pedir una secuencia aún más larga. Pero por larga que sea la secuencia de lanzamientos, sigue subsistiendo la posibilidad de amplias fluctuaciones respecto de la probabilidad; por otra parte, si se eliminan esas fluctuaciones respecto del valor medio y obtenemos una secuencia perfectamente ajustada, es que no estamos ya ante un fenómeno de azar. Pero podemos por lo menos estar seguros de que la probabilidad de una gran desviación respecto de la frecuencia relativa media disminuirá uniformemente con el aumento de longitud de la secuencia; esto puede demostrarse teóricamente y confirmarse por la observación (traduciendo primero este enunciado de probabilidad de segundo grado por la correspondiente frecuencia relativa de la discrepancia). Esto es lo más parecido a la certeza que podemos conseguir. Concluimos que las hipótesis estadísticas son difíciles de falsear empíricamente, pero no son insusceptibles de contrastación. (La débil contrastabilidad de las hipótesis estadísticas es una buena razón para pedir que se enlacen con otras hipótesis más fácilmente contrastables. Dicho de otro modo: como es imposible someter a contrastaciones empíricas duras ninguna hipótesis irreductiblemente estadística, es deseable relacionar toda hipótesis de este tipo con otras más estrictas, tal vez referentes a acontecimientos de nivel inferior o superior. Esta consideración metodológica hace sospechoso al indeterminismo irreductible.)

Lo que hemos visto muestra por qué consideramos que la confirmabilidad es necesaria y suficiente para la contrastabilidad. Pero si una hipótesis es irrefutable o casi irrefutable, consideraremos que tiene una *contrastabilidad más débil* que la de las hipótesis que son refutables además de confirmables. Además, intentaremos *compensar* esa débil contrastabilidad mediante una fundamentación robusta. Por ejemplo, si la hipótesis es estadística, suministraremos un fundamento de la misma construyendo un modelo teórico. Sólo consideraremos exclusivamente propias de la especulación o de la pseudociencia las conjeturas que sean irrefutables e infundadas.

Por otra parte, no exigiremos que toda hipótesis sea *directamente* contrastable: esta exigencia, presentada por el empirismo, haría imposible la teoría científica. Efectivamente, una teoría científica, lejos de ser un acúmulo de enunciados empíricos, es un sistema de varios niveles, cuyas fórmulas más altas no son directamente comparables con informes empíricos. Además, algunas teorías físicas perfectamente respetables contienen fórmulas de nivel intermedio (teoremas) que son empíricamente incontrastables, como es el caso de las fórmulas de la mecánica cuántica que se refieren al movimiento de una partícula en una caja cerrada. Aceptamos esas teorías, que tan manifiestamente violan el requisito de contrastabilidad completa, porque dan de sí consecuencias verdaderas. Por eso adoptamos un punto de vista realista y exigimos de toda fórmula teórica o bien (i) que implique fórmulas directamente contrastables, o bien (ii) (que *sea implicada* por fórmulas con consecuencias contrastables. Cuando una fórmula no es directamente contrastable ni tiene consecuencias empíricamente contrastables, pero es al mismo tiempo teorema de una teoría contrastable por otras vías, podemos admitir que esa fórmula es *indirectamente contrastable*: toda evidencia relevante para los supuestos que implican la fórmula considerada puede considerarse como una *evidencia* indirecta relevante para la fórmula en cuestión. (Cf. fig. 5.5.)

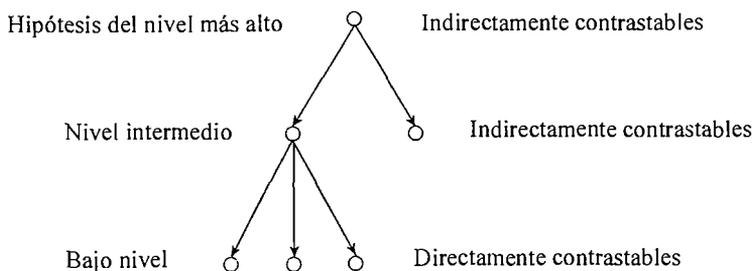


FIGURA 5.5. El teorema situado en la rama de la derecha de ese árbol deductivo no implica ninguna consecuencia empíricamente contrastable: no puede ser apoyado ni destruido más que desde arriba.

Por último, no exigiremos la contrastabilidad de toda fórmula que se presente en la ciencia porque algunas fórmulas, aunque fecundas, no pueden ser ni siquiera falsas. Tales son, además de las reglas de inferencia, las fórmulas de las clases siguientes: (i) *reglas* de método, (ii) *convenciones*, como las referentes a las unidades utilizadas, y (iii) *criterios* para estimar porciones de la ciencia, o sea, criterios de contrastabilidad. Ninguna de las fórmulas de esos tres tipos puede ser sometida a contrastación para averiguar su valor veritativo, aunque todas ellas deben someterse a contrastación desde el punto de vista de su conveniencia o fecundidad. Así, por ejemplo, se condena por estéril una regla de método que no lleve al resultado deseado, y también resulta indeseable una regla de método cuya fecundidad no pueda ponerse a prueba. Podemos exigir la contrastabilidad de toda pieza de la ciencia con la condición de ampliar el concepto de contrastabilidad hasta incluir en él la *contrastabilidad pragmática* de una fórmula, o sea, la posibilidad de mostrar que la fórmula es –o no es– conveniente o fecunda.

En resolución: establecemos un criterio amplio de contrastabilidad, según el cual toda hipótesis (no toda fórmula) tiene que ser por lo menos confirmable –y, a poder ser, también refutable– directa o indirectamente.

Ahora podemos ya resumir todos los requisitos que hemos ido imponiendo a las hipótesis científicas.

Problemas

5.6.1. Examinar la hipótesis singular: “Nevó en la Isla de Manhattan el día 1 de enero del año 1 d. J. C.”, discutida por B. Russell en su obra *An Inquiry into Meaning and Truth*, Londres, Allen and Unwin, 1940, pp. 277ss. ¿Es esa hipótesis significativa, empíricamente contrastable, fundada y/o verosímil? ¿Sería posible modificarla para hacerla más verosímil?

5.6.2. Examinar la contrastabilidad de las ideas siguientes: (i) “Todo lo que ocurre es designio de la Providencia.” (ii) “Las desgracias son castigos de los pecados o prueba de la fe.” (iii) “Todo lo que ocurre es históricamente necesario.” (iv) “Cuando una época necesita un gran hombre lo encuentra.” (v) “Los pájaros pueden aprender a seguir los movimientos de casi todo objeto adecuado” (leído en un estudio sobre comportamiento animal).

5.6.3. Examinar las siguientes conjeturas desde el punto de vista de su contrastabilidad.

(i) “La causa del cambio social es cierto proceso económico.” (ii) “Las ideas de una época dependen del modo de producción que predomina en la misma.” (iii) “Todas las especies animales son modificaciones de un tipo original (Urtier), modelo morfológico eterno copiado con mayor o menor éxito por las varias especies reales” (Goethe).

5.6.4. C. G. Jung afirmó que las personas aparentemente extravertidas son íntimamente intravertidas, y viceversa, o sea, que la gente que se comporta como si fuera extravertida es inconscientemente intravertida, y viceversa. Examinar la contrastabilidad de esta conjetura.

5.6.5. Examinar la contrastabilidad de las siguientes hipótesis psicoanalíticas. (i) “Los niños consiguen placer sexual realizando sus funciones excretoras.” (ii) “Todos los varones tienen un complejo de Edipo, en forma manifiesta o reprimida.” (iii) “Los críticos del psicoanálisis ilustran la hipótesis psicoanalítica del instinto agresivo y la de los mecanismos de defensa (protección inconsciente de algo que el sujeto desea ocultar).” *Problema en lugar de ése*: Estúdiense la contrastabilidad de la hipótesis de que el espíritu, aunque inmaterial, interactúa con el cuerpo. Véase M. Bunge, *El problema mente-cerebro*, Madrid, Tecnos, 1985.

5.6.6. ¿Cuántos datos son necesarios y suficientes para establecer y para refutar las piezas siguientes? (i) Una hipótesis singular. (ii) Una hipótesis existencial. (iii) Una hipótesis universal restringida. (iv) Una hipótesis universal no restringida. *Problema en lugar de ése*: Si una hipótesis es totalmente irrefutable, no es científica. ¿Vale la afirmación inversa, o sea, es verdad que si una hipótesis es refutable es científica?

5.6.7. Los sostenedores de la interpretación subjetivista (o bayesiana) de la probabilidad como medida del grado de creencia personal (y de nada más) afirman que las creencias (ya sean de conocimiento ordinario, ya de conocimiento científico) son insensibles a los hechos. De ello infieren (correctamente) que todo enunciado de probabilidad, como la estimación de la probabilidad de un acontecimiento, es subjetivo e insusceptible de prueba o refutación por la experiencia, o sea, dicho brevemente, insusceptible de contrastación. ¿Llevan razón? Si tal es el caso, ¿hay que eliminar de la ciencia la teoría de la probabilidad o hay que abandonar la exigencia de contrastabilidad?

5.6.8. Examinar las diferencias entre hipótesis que aspiran a representar un aspecto de la realidad y las *ficciones* que sirven como auxiliares. Según el kantismo, las primeras deben ser contrastables, y las segundas, útiles. Cf. H. Vaihinger, *Die Philosophie des Als Ob*, 4 a. ed., Leipzig, Meiner, 1920, cap. XII, y M. Bunge, *Metascientific Queries*, Springfield, Ill; Charles C. Thomas, 1959, cap. 10. Cf. también el problema adicional 8.2.10. *Problema en lugar de ése*: Estudiar la relación entre conceptos inescrutables y supuestos incontrastables.

5.6.9. Discutir la contrastabilidad de las siguientes hipótesis: (i) “Hay al menos dos cosas exactamente idénticas en el mundo.” (ii) “Hay cosas que no pueden entrar en interacción con ninguna otra.” (iii) “Hay campos que no pueden detectarse con medios físicos y que transmiten ideas.” (iv) “El espacio físico está contenido en un espacio de mayor dimensionalidad, pero esas otras dimensiones no se manifiestan.” (v) “El universo es espacialmente infinito.” (vi) “El universo es espacialmente finito.” (vii) “El universo fue creado hace varios billones de años.” (viii) “Hay infinitos niveles por debajo del nivel de las partículas elementales hoy conocidas.” (ix) “Todos los organismos, incluidas las plantas, pueden sentir dolor.” (x) “Un sistema nervioso central completo mantenido vivo en un laboratorio podría sentir y pensar aunque se encontrara privado de los órganos mediante los cuales manifiesta normalmente su funcionamiento.”

5.6.10. Examinar la doctrina según la cual el reconocimiento de las propiedades fenoménicas (qualia) es incontrovertible, y, por esa razón, los qualia deben tomarse como las unidades básicas para la sistematización de la experiencia. La realización más completa e impresionante de este programa anti-democrático es la obra de N. Goodman *The Structure of Appearance*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1951. Por lo que hace a la incontrastabilidad del reconocimien-

to del quale, cf. pp. 99ss.; sobre reducción de todo objeto individual a sumas de uno o más qualia, cf. pp. 175ss. Y para comprobar la inviabilidad de ese programa véase cualquier tratado de física o química. *Problema en lugar de ése*: Dilucidar los conceptos de *apoyo posible* y *falsador posible* de una hipótesis, y construir con su ayuda el concepto de grado de contrastabilidad de una hipótesis respecto de un procedimiento empírico y a la luz de un conjunto de teorías. Tener en cuenta que, en el caso de las hipótesis científicas, sus apoyos y sus falsadores pueden no tener los mismos referentes, o sea, que pueden ser algo más que meros ejemplos o contraejemplos; así, toda evidencia relevante para una microhipótesis es un enunciado referente a algún macrohecho.

5.7. REQUISITOS

Mucho antes de que una conjetura reciba el título de Hipótesis Verdadera –título que en algún caso puede durar menos que el de Campeón del Mundo– tiene que mostrar que es una conjetura científica. A través de una serie de pruebas preliminares de carácter no empírico, la hipótesis tiene que mostrar consistencia lógica, compatibilidad con el cuerpo del conocimiento científico y capacidad de ser sometida a la experiencia. En la sec. 5.2 dijimos que ése es el orden correcto que deben seguir las operaciones de contrastación. En esta sección vamos a justificarlo.

La consistencia lógica incluye ciertos caracteres sintácticos y semánticos que tienen que averiguarse antes de tomar en consideración contrastaciones empíricas. Ante todo, la *fuerza lógica*, concepto sintáctico que puede introducirse mediante la *Definición*: “Una fórmula A es *lógicamente más fuerte* que una fórmula B si y sólo si A implica B ”. Simbólicamente: $[F(A) \geq F(B)] =_{df} A \vdash B$. Así, por ejemplo, p es más fuerte que $p \vee q$ porque, dado p , por el principio de adición podemos añadirle en disyunción un q cualquiera. Por esta misma razón $x = y$ es más fuerte que $x \geq y$ –o sea, que $x = y$ o $x > y$ –, porque $(x = y) \vdash (x = y \vee (x > y))$. Y $p \& q$ es más fuerte que p o que q , porque una conjunción implica sus componentes. Por la misma razón $(x)P(x)$ es más fuerte que $P(c)$. Y, por el principio de adición, $P(c)$ es a su vez más fuerte que $(\exists x)P(x)$ –lo cual puede ponernos en guardia contra la tentación de identificar la fuerza con la generalidad.

Todo axioma es lógicamente más fuerte que los teoremas derivados de él. Y si A y B son recíprocamente deducibles, son de igual fuerza. Las fórmulas lógicamente válidas, o sea, las fórmulas analíticas, son las más débiles, porque se siguen de cualquier fórmula, incluido el conjunto vacío de fórmulas. Las tautologías tienen pues la fuerza mínima. En cambio, las fórmulas lógicamente falsas (contradicciones) tienen la fuerza máxima, porque de ellas se sigue cualquier cosa. (Simbólicamente: $\emptyset \vdash L$ y $\neg L \vdash U$; ‘ \emptyset ’ designa el conjunto vacío, ‘ U ’ el conjunto de todas las fórmulas y ‘ L ’ el conjunto de las verdades lógicas.)

En lógica intentamos establecer fórmulas máximamente débiles, o sea, tales que se sigan de cero premisas y se convaliden por tanto a sí mismas. En la matemática preferimos en cambio las suposiciones más fuertes compatibles con la lógica, o sea, las afirmaciones que den de sí el conjunto más rico posible de teoremas recíprocamente coherentes. (Podría decirse que esta diferencia en cuanto a la fuerza es la diferencia principal entre la lógica y la matemática.) Por último, en la ciencia factual, al igual que en la matemática

ca, seguimos una vía intermedia entre la debilidad máxima de la verdad lógica y la fuerza máxima de la contradicción.

La fuerza lógica es una fuente de precisión o falta de vaguedad, así como de contenido informativo. Esa precisión, que es una propiedad semántica, parece claramente relacionada con la fuerza, que es una propiedad sintáctica; pero eso no está demostrado. Así, por ejemplo, “Todos los P son Q ” es más fuerte y más precisa que “La mayoría de los P son Q ” o “Algunos P son Q ”. Y el aura de vaguedad que puede rodear a “ $P(c)$ ” es en cualquier caso menor que la niebla que envuelve a su consecuencia “ $(\exists x)P(x)$ ”. Pero, desde luego, dos fórmulas de igual precisión pueden tener distinta fuerza, como en el caso de “ $(x)P(x)$ ” y “ $P(c)$ ”. O sea: la fuerza es suficiente, pero no necesaria para la precisión.

Otra ventaja de la fuerza es el *contenido informativo*: de dos fórmulas de desigual fuerza lógica, la más fuerte puede almacenar más información. Esto es obvio en el caso de las fórmulas formalmente verdaderas, las cuales son las más débiles y, además, vacías; y también es obvio en el caso de las contradicciones, que tienen fuerza máxima y contenido máximo. La tautología “Las cosas son extensas o inextensas” no dice nada acerca de las cosas: el concepto de cosa se presenta de un modo vacío en ella, lo que quiere decir que puede sustituirse tranquilamente por cualquier otro concepto del mismo tipo. Y la contradicción “Las cosas son extensas e inextensas” dice demasiado: abarca demasiado, hasta el punto de ser compatible con evidencias incompatibles. Las verdades formales y las contradicciones son por tanto indeseables en la ciencia: las primeras, porque su contenido es nulo; las últimas, porque su contenido es universal. Por la misma razón debemos intentar prescindir (¡cuando, sea *posible!*) de proposiciones modales. Una proposición tal como “Es posible volver vivo de Marte” puede unirse sin contradicción con “Es posible volver muerto de Marte”, pero esa conjunción, sin duda más fuerte que cada uno de sus componentes, no interesa al astronauta: aunque no es autocontradictoria, recoge evidencia contradictoria y dice, por tanto, demasiado.

Como deseamos que nuestras hipótesis científicas sean informativas y contrastables, tenemos que evitar los dos extremos de contenido nulo y contenido universal: tenemos que buscar una vía media entre las verdades lógicas, que no dicen nada acerca del mundo y son por tanto incontrastables por la experiencia (pues no hay en la experiencia nada que pueda compararse con ellas), y las falsedades lógicas que, por decir demasiado, son también incontrastables, porque concuerdan con todo lo que ocurra. Formularemos nuestro requisito del modo siguiente: Las hipótesis científicas tienen que ser autoconsistentes y tener la *fuerza lógica máxima respecto de las evidencias empíricas relevantes para ellas*.

Otro modo de formular la condición referente a la fuerza es el siguiente: Las hipótesis científicas tienen que ser sintéticas (no analíticas, sino factualmente significativas) y tener fuerza lógica máxima respecto de las evidencias empíricas relevantes para ellas. La condición de sinteticidad, entendida en sentido amplio, elimina no sólo las contradicciones, sino también las fórmulas que son verdaderas en virtud de las significaciones de los conceptos que aparecen en ellas. De este modo se elimina el pseudoproblema de la contrastación de convenciones. Así, por ejemplo, no nos preguntaremos ya si el agua pura puede no hervir exactamente a 100°C a presión normal, ni si el peso atómico del oxígeno puede ser ligeramente diferente de 16.

Ahora bien: deseamos que nuestras hipótesis sean sintéticas respecto de las eviden-

cias empíricas que son relevantes para ellas y, al mismo tiempo, deseamos que lógicamente estén tan cerca como sea posible del núcleo del cuerpo de conocimiento disponible, único que puede suministrarles fundamento. No exigimos que *todas* nuestras hipótesis sean deducibles de un determinado cuerpo de conocimiento, pues esto equivaldría a quitar a dicho cuerpo de conocimiento el carácter hipotético y a imposibilitar el progreso. Pero sí que deseamos que *muchas* hipótesis sean deducibles de otras de nivel más alto (postulados), minimizando el número de hipótesis sueltas (extrateóricas). Este desiderátum puede formularse así: *Las hipótesis científicas tienen que ser todo lo aproximadamente analíticas que sea posible respecto del cuerpo del conocimiento disponible.*

A primera vista, ese desiderátum —que mezcla la condición de fundamentación con la de sistematicidad— es incompatible con la condición de sinteticidad. Pero no hay contradicción: lo que pedimos es sinteticidad respecto del cuerpo de información empírica, y analiticidad máxima posible respecto del cuerpo principal de conocimiento previo. Si se prefiere otra formulación, diremos que nuestros desiderata son: analiticidad máxima de la hipótesis respecto de la experiencia acumulada y sinteticidad respecto de la nueva experiencia. Dicho con términos alusivos a la fuerza, toda hipótesis *h* debe encontrarse a mitad de camino entre cualquier información empírica pertinente a ella (y de máxima debilidad) y el cuerpo de conocimiento al cual podrá finalmente incorporarse como teorema o como postulado.

Por ser relevante para la precisión y para el contenido informativo, la fuerza lógica es también relevante para la contrastabilidad. La clase de los apoyos posibles y la clase de los falsadores posibles de una fórmula son más grandes y mejor delimitadas cuanto más fuerte es la fórmula.

A la inversa, cuanto más débil es una fórmula, tanto menos determinada e informativa es, y, consiguientemente, tanto menos sensible a contingencias empíricas. Así, por ejemplo, una disyunción supondrá menos riesgos que cada uno de sus componentes: como es más débil que ellos, queda menos cogida. En cambio, una proposición universal factual (que es una conjunción indeterminada, acaso infinita), como “La carga eléctrica de los electrones es constante”, tiene un número ilimitado de oportunidades de entrar en conflicto con la experiencia: su fuerza le da un alto grado de contrastabilidad. Dicho brevemente: *Cuanto más fuerte es una hipótesis, tanto mayor es su contrastabilidad* (K. R. Popper).

La fuerza es una condición necesaria, pero no suficiente, de la contrastabilidad, y, por tanto, esos dos conceptos no son interdefinibles. En realidad, mientras que la fuerza de una fórmula puede determinarse por referencia al contexto en el cual se presenta, la contrastabilidad de esa misma fórmula se estimará no sólo a la luz de ese cuerpo de conocimiento, sino también a la de los procedimientos empíricos existentes o concebibles, como las técnicas de medición. Por ejemplo, a principios de este siglo varios investigadores sugirieron que el mecanismo de los impulsos nerviosos es la liberación de sustancias químicas; en aquel momento (1903), la hipótesis no pareció contrastable y se abandonó, hasta que más tarde se inventaron técnicas adecuadas precisamente con la intención de someterla a contrastación. Del ejemplo se desprende que la contrastabilidad no es nada intrínseco a las hipótesis, sino una propiedad metodológica que las hipótesis poseen en diversos grados y que es relativa a un cuerpo de conocimiento empírico y teórico.

Otra condición necesaria de la contrastabilidad, que debe añadirse a la madurez técnica, es la presencia de conceptos empíricos en algún punto de la línea del proceso de contrastación: en otro caso, ninguna experiencia sería relevante para nuestra hipótesis. No exigiremos que la hipótesis misma tenga un contenido empírico, porque esta condición eliminaría las hipótesis científicas más importantes, ninguna de las cuales refiere a la experiencia, aunque puedan contrastarse con la ayuda de experiencia que afecta a ciertas distantes consecuencias de dichas hipótesis. Todo lo que exigiremos en este respecto es que la hipótesis, en conjunción con algún cuerpo de conocimiento, implique fórmulas *aproximadamente traducibles* a proposiciones de observación. Por ejemplo, la hipótesis de que el electrón libre tiene un spin (una especie de rotación intrínseca) no tiene ningún contenido observable; no sólo el spin mismo es un inobservable, sino que además es posible mostrar teóricamente que ningún experimento puede medir el spin de los electrones libres. Pero la hipótesis del spin, junto con otros supuestos, da razón de ciertas observaciones (como la escisión de las líneas espectrales por campos magnéticos) referentes a sistemas más complejos (átomos, por ejemplo) compuestos por electrones con su spin. (Además, sólo la teoría del spin del electrón puede convertir datos de este tipo en evidencias relevantes para sí misma; en cierto sentido, pues, las contrastaciones empíricas son un asunto de familia.) Podemos también considerar hipótesis psicológicas: la lealtad a los hechos no se garantiza por la mera abstención de formular hipótesis acerca de acontecimientos mentales, sino siendo capaces de deducir de esas hipótesis consecuencias que se refieran a hechos observables, de comportamiento o fisiológicos. Los supuestos relativos a actividades de alto nivel no serán, por definición, contrastables mediante inspección directa, pero tendrán que implicar consecuencias que contengan conceptos de comportamiento y/o fisiológicos exclusivamente, si es que han de considerarse contrastables. Dicho brevemente: la contrastabilidad no exige referencia empírica, sino más bien la posibilidad de ser parte de una red conectada con fórmulas de observación.

Además, ninguna hipótesis es *contrastable independientemente*, porque ninguna premisa es por sí misma suficiente para derivar consecuencias contrastables. En el caso de conjeturas sueltas necesitaremos una parte del cuerpo de conocimiento previo (cf. sec. 5.2). En el caso de una teoría necesitaremos, además de la hipótesis misma, otros supuestos de la teoría y/o datos empíricos (pues ninguna hipótesis da por sí misma información empírica). Así pues, la cuestión no estriba en si una teoría contiene algún supuesto que no sea independientemente contrastable y tenga por tanto que considerarse sospecho, sino más bien (i) en si cada uno de los supuestos de la teoría es efectivamente *necesario* para la deducción de consecuencias contrastables, (ii) en si los axiomas constituyen un todo consistente que tenga por lo menos *algunas* consecuencias empíricamente contrastables (teoremas de bajo nivel), y (iii) en si no hay hipótesis *ad hoc* que no sirvan más que para sostener alguna de las hipótesis y sean insusceptibles de contrastación independientemente de las hipótesis a las que protegen.

La exigencia de que un sistema de hipótesis (teoría) no contenga supuestos innecesarios para deducir proposiciones contrastables tiende a excluir hipótesis parásitas incontrastables adheridas a un sistema que en lo demás es contrastable y beneficiadas así de un apoyo aparente prestado por la confirmación de los teoremas de bajo nivel. Y la relajación de la condición de que las teorías no tengan más que consecuencias empíricamente

contrastables apunta a conservar teorías que, como la mecánica cuántica, contienen supuestos sin consecuencias contrastables, a menudo porque se refieren a sistemas no sometidos a las perturbaciones necesarias para conseguir de ellos informaciones. Podemos considerar esas hipótesis como indirectamente contrastables (cf. sec. 5.6) o sea, como contrastables a través de otras fórmulas de la teoría, las cuales disfrutan de apoyo empírico. Por último, la condición referente a las hipótesis protectoras se formula para evitar situaciones comunes en la pseudociencia, en la cual cada hipótesis suelta puede acaso ser contrastable, pero el conjunto de la doctrina está construido de modo que se sustraiga a toda contrastación; o sea, las varias conjeturas se protegen unas a otras de tal modo que resultan válidas en todos los mundos posibles.

Podemos enfrentarnos ahora con un espinoso problema. Por un lado, hemos estado admitiendo una versión restringida del principio empirista, a saber: que cualquiera que sea el origen y la referencia de las hipótesis científicas, *tiene que contrastarlas la experiencia*. Por otra parte, hemos convenido en considerar hipótesis en sentido propio ciertas fórmulas acerca de hechos *no experimentados* (cf. sec. 5.1). ¿Cómo puede la experiencia contrastar lo que afirman nuestras hipótesis si éstas no dicen nada acerca de la experiencia? ¿No hemos incurrido en contradicción? He aquí la respuesta: hablando estrictamente, la experiencia no puede poner a prueba más que cosas (por ejemplo, automóviles) y proposiciones empíricas (descriptivas), por ejemplo “Llueve”. Pero la experiencia no puede someter a contrastación fórmulas interpretativas, o sea, hipótesis. Cuando decimos que la experiencia tiene que suministrar la contrastación de las hipótesis de hecho, queremos decir que en última instancia se utilizan *informes* acerca de la experiencia (o sea, conjuntos de ciertas proposiciones que aspiran a describir la experiencia) para apoyar o destruir determinadas hipótesis. Dicho de otro modo: hablando estrictamente no hay hipótesis científica que se haya sometido jamás a contrastación por la experiencia. Lo único contrastable son ciertas “traducciones” de las consecuencias de nivel más bajo que tienen las hipótesis científicas, a saber, sus traducciones al lenguaje de la experiencia.

Ahora bien: esa traducción de enunciados teóricos por enunciados empíricos no es un asunto puramente lingüístico: consiste en establecer ciertas correspondencias entre objetos conceptuales (por ejemplo, “puntos de masa”) y objetos empíricos (por ejemplo, objetos pequeños). Estrictamente hablando, todo enunciado acerca de puntos de masa que encontremos en la mecánica es empíricamente incontrastable, por la sencilla razón de que en la realidad no hay puntos de masa: lo que podemos observar en la realidad son cuerpos de aspecto pequeño y que pueden considerarse como realizaciones o modelos concretos de los puntos de masa. Esos modelos concretos son en algunos casos piezas de maquinaria, en otros casos son estrellas, pero en cualquier caso nuestras hipótesis los caricaturizan en vez de retratarlos. Es decir: sometemos a contrastación ciertas proposiciones referentes a esos objetos empíricos, y luego comparamos esas proposiciones con las teóricas. En resumen, el enunciado tópico de que la experiencia somete a contrastación las hipótesis y las teorías es elíptico: las proposiciones que contienen conceptos teóricos no-observacionales no implican enunciados empíricos. Lo que hacemos es construir ciertos modelos empíricos que pueden compararse más o menos precisamente con algunos enunciados teóricos de nivel bajo. Por eso no diremos que una hipótesis *h*

implica su evidencia, e , sino más bien que h implica una consecuencia contrastable, c , la cual, adecuadamente traducida, puede compararse con la evidencia e .

En resolución: los requisitos que tiene que satisfacer una conjetura para que se la considere una hipótesis científica son los siguientes: (i) tiene que ser bien formada, autoconsistente, y tener fuerza lógica máxima respecto de las evidencias empíricas que son relevantes para ella; (ii) tiene que ser compatible con el núcleo de conocimiento relevante disponible, y (iii) junto con otras fórmulas, tiene que implicar consecuencias traducibles a proposiciones de observación.

Ahora atenderemos a las funciones de la hipótesis en la ciencia.

Problemas

5.7.1. Discutir la argumentación de Popper, según la cual la confirmación no tiene valor alguno porque puede construirse cualquier número de hipótesis (o de teorías, según los casos) para dar razón de un mismo conjunto de datos empíricos. ¿Se sostiene esa argumentación si se añade a la exigencia de contrastabilidad empírica el requisito de fundamentación?

5.7.2. ¿Basta una excepción para destruir una hipótesis universal que esté por lo demás bien fundamentada? Indicación: considerar los casos de (i) observaciones rechazadas por motivos teóricos, y (ii) generalizaciones empíricas con excepciones que pueden ser finalmente explicadas por alguna teoría (por ejemplo, la ley de Dulong y Petit).

5.7.3. ¿Es la fuerza una condición necesaria, suficiente o necesaria y suficiente del contenido informativo?

5.7.4. Las hipótesis pueden ser más o menos *plausibles* respecto de algún cuerpo de conocimientos. ¿Se sigue que puede asignárseles *probabilidades* numéricas? Si es así, ¿cómo? Y ¿qué significa la expresión ' p es más probable que q '? Exáminese a este respecto las opiniones rivales de H. Reichenbach y K. R. Popper, según quienes las hipótesis más (menos) probables son preferibles.

5.7.5. Analizar la tesis del constructivista social, según la cual las proposiciones analíticas "no son sino aquellas que una comunidad particular trata actualmente como analíticas por convención": B. Barnes, *T. S. Kuhn and Social Science*, p. 78 (Nueva York, Columbia University Press, 1982).

5.7.6. De entre dos hipótesis rivales se preferirá generalmente la más general, siempre que ambas sean compatibles con los mismos datos, aunque no sea sino porque la conjetura más general implica un conjunto de consecuencias más variadas y es, por tanto, susceptible de contrastación más rica que la hipótesis menos general. Ahora bien, la menos general implica la más general. Así por ejemplo ($y = \text{constante}$) $\rightarrow [y = f(x)]$, y no a la inversa. Discutir este punto en relación con la cuestión de la fuerza de la hipótesis.

5.7.7. ¿Habríamos aconsejado como científicos la hipótesis de la generación espontánea antes de la época de Pasteur? Tómense en consideración las siguientes versiones de la hipótesis: (i) "Los seres vivos se forman a partir de materia inorgánica en un breve lapso de tiempo (por ejemplo, las ranas a partir del barro)". (ii) "Los primeros antepasados de los seres vivos actuales se desarrollaron a partir de complejos sistemas no vivos a través de un largo proceso".

5.7.8. ¿Sometemos a contrastación hipótesis totalmente aisladas? Indicación: formular una hipótesis sencilla y observar si en el proceso de su contrastación no hay que hacer uso de otras hipótesis. *Problema en lugar de ése*: Examinar la doctrina positivista, según la cual el significado de una proposición consiste en el método de su verificación y, por tanto, una proposición tiene sentido en la medida en que sea verificable. Cf. H. Reichenbach, *Elements of Symbolic Logic*, Nueva

York, Macmillan, 1947, p. 7. Indicación: Discutir una hipótesis que sea manifiestamente incontestable, pero significativa en el contexto en que se presente, tal como la hipótesis de la reencarnación.

5.7.9. Los enemigos de la teorización rechazan las teorías de C. L. Hull y sus seguidores sobre el aprendizaje, declarando que esas teorías están demasiado altas en la escala de la abstracción, o sea, demasiado lejos de la experiencia, porque contienen conceptos no-observacionales. Argúmentese una crítica basada en las razones contrarias, a saber, que las hipótesis básicas de esas teorías no son suficientemente fuertes, que tendrían que presentarse como soluciones de ecuaciones aún más básicas relativas a la dinámica, más que a la cinemática, del comportamiento.

5.7.10. Discutir la regla siguiente: “La hipótesis que hay que contrastar no debe pertenecer al cuerpo de fórmulas supuesto en el planeamiento y la interpretación de la contrastación, porque si pertenece a él se aumenta la probabilidad de que la hipótesis sea compatible con la evidencia, hasta el punto tal vez de hacer superflua la contrastación.” Es claro que esa regla es lógicamente sana, puesto que tiende a evitar círculos viciosos. Pero ¿es viable? *Problema en lugar de ése*: El descubrimiento de un cuervo rojo refutaría la conocida afirmación universal acerca de esos animales; sería imposible contar el cuervo rojo como mero error experimental. ¿Significa eso que las hipótesis cualitativas –que son, como es natural, más débiles que las cuantitativas– son más refutables que éstas?

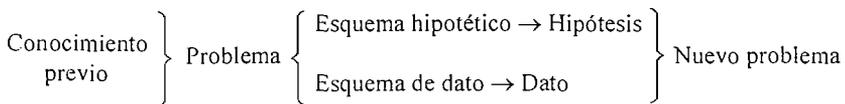
5.8. FUNCIONES

Las hipótesis van más allá de la experiencia, y, por lo tanto, no pueden tener certeza. ¿Por qué las construimos, si no estamos seguros, ni podemos estarlo, de que sean verdaderas? ¿No podríamos aferrarnos a los hechos y prescindir de hipótesis? Los infalibilistas, esto es, los que creen en el conocimiento indubitable y lo buscan, han desconfiado siempre de las hipótesis y han propuesto que no se las considere, en el mejor de los casos, sino como expedientes temporales y puramente instrumentales y heurísticos. En su lugar han propuesto la fe en una de las siguientes variedades de conocimiento supuestamente indestructible: (i) las proposiciones empíricas singulares y, a lo sumo, inducciones basadas en ellas (empirismo); (ii) proposiciones deducidas de los “principios eternos de la razón humana” (racionalismo); (iii) proposiciones derivadas mediante intelección inmediata, total e infalible (intuicionismo).

Desgraciadamente para el infalibilismo, la experiencia no es segura ni, por encima de todo, se explica a sí misma, sino que es un objeto de la explicación científica; la razón no es invariable en el tiempo y, aunque organiza y elabora el conocimiento empírico, no puede suministrar información empírica; y la intuición es nebulosa y poco digna de confianza. No podemos evitar el formular hipótesis en la vida cotidiana, en el trabajo, en la tecnología, en la ciencia, en la filosofía y hasta en el arte. Construimos hipótesis en la medida en la cual pensamos y obramos racionalmente y con eficacia. Por tanto, en vez de intentar evitar hipótesis lo que tenemos que intentar es controlarlas.

Las hipótesis se presentan en todos los pasos de la investigación, tanto en la ciencia pura cuanto en la aplicada, pero son particularmente visibles en las ocasiones siguientes: (i) cuando intentamos resumir y generalizar los resultados de nuestras observaciones;

(ii) cuando intentamos interpretar anteriores generalizaciones; (iii) cuando intentamos justificar (fundamentar) nuestras opiniones; y (iv) cuando planeamos un experimento o el curso de una acción para obtener más datos o para someter una conjetura a contrastación. El conocimiento científico es en tal medida hipotético que algunos investigadores no llegan a darse plenamente cuenta de ello (igual que el pez no se da cuenta de que está inmerso en el agua) y piensan que puede haber una pieza autocontenida de investigación que no presuponga ni contenga hipótesis. Pero esto es un error: la investigación consiste en tratar problemas y, como hemos visto en la sec. 4.2, todo problema (i) se plantea en el seno de un cuerpo de conocimiento que contiene hipótesis, y (ii) se produce por un esquema (el generador del problema) que, una vez rellenado, se convierte en un dato o en una hipótesis. Cuando formulamos la pregunta individual “¿Cuál es el x tal que x tiene la propiedad A ?” –o sea, $(?x)A(x)$, presuponemos que existe al menos un x que tiene la propiedad A , y afirmamos tácitamente el esquema $A(x)$, que es el generador de nuestro problema; la solución a este último consistirá en rellenar el hueco ‘ x ’, o sea, en convertir el generador en un dato o en una hipótesis, según el caso. Análogamente, cuando planteamos la pregunta funcional “¿Cuáles son las propiedades del individuo c ?”, o sea, $(?P)P(c)$, introducimos el esquema $P(c)$, el cual, una vez atribuido un valor determinado a la incógnita P , se convierte en un dato o en una hipótesis. En cualquier caso, el generador de un problema es un esquema o función proposicional, y la solución al mismo es un enunciado que es un dato o una hipótesis, según que rebasa la experiencia disponible y sea corregible o carezca de esos dos rasgos. El diagrama que presenta el flujo de la investigación puede por tanto dibujarse así:



Si se eliminan las hipótesis, no quedan más que datos de un tipo relativamente desprovisto de interés, superficiales, aislados, sin explicar así como problemas de escasa entidad, suscitados por los esquemas de datos.

Éstas son las principales funciones de las hipótesis en la ciencia:

1. *La generalización de la experiencia*: resumen y ampliación de los datos empíricos disponibles. Una subclase importante de este género de hipótesis es la generalización, para una población entera, de “conclusiones” (hipótesis) “sacadas” de muestras particulares, como las que hacen los agrónomos a propósito de los efectos de los fertilizantes sobre la cosecha de una especie dada. Otro miembro importante de esa misma clase es la llamada *curva empírica*, o sea, la línea continua que se obtiene uniendo un conjunto de puntos de un mismo plano, cada uno de los cuales representa un dato empírico. (Por regla general, los datos cuantitativos adolecen de errores, de tal modo que se representan por segmentos, o hasta por paralelogramos, en vez de hacerlo con puntos. Además, las curvas empíricas no se hacen pasar precisamente por los “puntos”, sino cerca de ellos.) La ampliación (más allá del conjunto de los datos) puede conseguirse en este caso por *interpolación* (suposición de valores intermedios entre los observados) o por *extrapolación*

(suposición de valores más allá del ámbito explorado, como se hace en las predicciones). En la fig. 5.6 se muestra una de las innumerables hipótesis (curvas continuas) que recogen un conjunto de datos imaginarios: es una curva continua que representa una función continua $y = f(x)$; la curva pasa cerca de los centros de los segmentos que representan los datos. Obsérvese que una curva empírica (o la función correspondiente) no es un resumen de datos, ya por el hecho (i) de que la curva consta de un conjunto infinito de puntos, mientras que los datos se dan siempre en número finito, y de que (ii) sobre la base de la hipótesis (curva) podemos anticipar experiencia en dominios por el momento inexplorados.

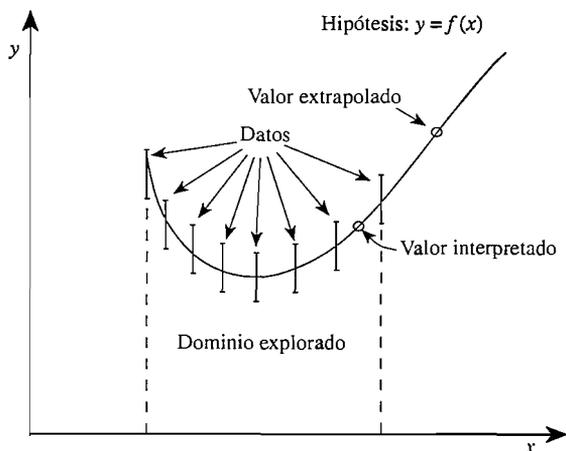


FIGURA 5.6. Una "curva empírica" que recoge un conjunto de datos y representa la relación hipotética $y = f(x)$.

2. *Desencadenadoras de la inferencia*: afirmaciones o conjeturas iniciales, hipótesis a título de ensayo, hipótesis de trabajo o suposiciones simplificadoras que sirven como premisas de un argumento aunque se sospeche su falsedad. Ejemplos: (i) en una demostración indirecta probamos con la negación, $\neg t$, de la tesis del teorema " $h \rightarrow t$ " que queremos demostrar, y averiguamos si esa conjetura lleva a contradicción; (ii) también es hipotético el valor inicial supuesto en el cálculo de una función por el método de aproximaciones sucesivas, o en la medición de una magnitud; (iii) una suposición groseramente simplificadora que haga posible la aplicación de una teoría, como, por ejemplo, la suposición de que la Tierra es plana o perfectamente esférica en una determinada región. Cuando se sabe que son propiamente falsas, esas hipótesis se llaman *ficciones*. Ninguna teoría cuantitativa puede desarrollarse sin la ayuda de tales simplificaciones.

3. *Guías de la investigación*: ocurrencias exploratorias, o sea, conjeturas más o menos razonables (fundadas) que son a la vez objeto y guía de la investigación. Abarcan desde las hipótesis de trabajo formuladas con precisión hasta las vagas conjeturas de carácter programático. Ejemplos. "Las partículas eléctricamente neutras están compuestas por pares de partículas de cargas opuestas", "Los procesos mentales son procesos fisiológicos del cerebro", "Pueden sintetizarse los seres vivos reproduciendo las condiciones físicas que reinaban en nuestro planeta hace dos billones de años."

4. *Interpretación*: hipótesis explicativas, o conjeturas que suministran una interpretación de un conjunto de datos o de otra hipótesis. Las hipótesis representacionales son todas

interpretativas, puesto que nos permiten interpretar los datos –no meramente generalizarlos– sobre la base de conceptos teóricos. En cambio, las hipótesis fenomenológicas son del tipo generalizador. Por ejemplo, las hipótesis del campo electromagnético (organizadas en una teoría) explican el comportamiento de los cuerpos perceptibles de una determinada clase.

5. *Protección de otras hipótesis*: conjeturas *ad hoc* cuya única inicial función es proteger o salvar otras hipótesis de contradicción con teorías aceptadas o de refutación por datos disponibles. Por ejemplo, W. Harvey (1628) formuló la hipótesis de la circulación de la sangre, que no es un proceso observable, y no tuvo en cuenta la diferencia entre la sangre arterial y la venosa; para salvar su hipótesis introdujo otra *ad hoc*, a saber, que el circuito arteria-vena queda cerrado por vasos capilares invisibles; estos vasos se descubrieron efectivamente después.

Atendamos a las curvas empíricas (incluidas entre las hipótesis del tipo 1) y a las hipótesis *ad hoc*, puesto que parecen ser las peor entendidas. Cuando un científico traza una curva que pasa cerca de un conjunto de puntos (más frecuentemente, de segmentos) empíricamente hallados, o cuando aplica una fórmula de interpolación para construir un polinomio que representa esa curva, puede no darse cuenta del salto que está dando y del riesgo que está asumiendo. En realidad, está apostando a que el próximo valor que se observe va a caer muy cerca de la curva hipotética, lo cual puede perfectamente no ocurrir. El científico está adoptando el principio de continuidad, que es una hipótesis ontológica. La lógica por sí sola no le indica qué hipótesis debe preferir de entre la infinidad de curvas posibles, todas compatibles con el mismo acervo de datos (cf. fig. 5.7). Sin duda puede argüir que preferirá la hipótesis *más simple*, y, efectivamente, las fórmulas de interpolación se construyen de modo que den las expresiones formalmente más simples (polinomios del grado más bajo posible, que representen líneas lo menos onduladas que sea posible). Pero esta preferencia no tiene fundamento lógico ni empírico. Se puede intentar hacerla plausible mediante la postulación de la hipótesis ontológica de que la realidad es simple. Pero esta conjetura queda refutada por la historia de la ciencia, la cual muestra que el progreso es en gran medida el descubrimiento de complejidades por detrás de las apariencias simples. *Hay* sin duda razones para preferir la generalización empírica más simple que sea compatible con los datos *y siempre que no se disponga de ninguna teoría* capaz de suministrar más sugerencias: pero esas razones son de carácter metodológico.

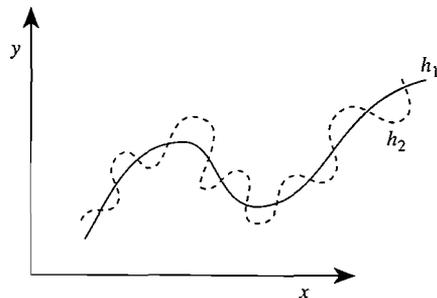


FIGURA 5.7. Todo conjunto de datos es coherente con una infinidad de hipótesis recíprocamente incompatibles.

Una razón para preferir la simplicidad formal (matemática, por ejemplo) en el caso de las generalizaciones empíricas es que nada garantiza que sea mejor aceptar un esquema más complejo: dicho de otra manera, sin más que la evidencia empírica, las hipótesis más complejas son *infundadas*, porque suponen demasiado. (Pero, como se verá pronto, esta situación puede alterarse radicalmente en cuanto se dispone de consideraciones teóricas.) Otra razón es que, en la medida de lo posible, hay que evitar en la ciencia las hipótesis irrefutables; ahora bien, cuanto más ondulada es una curva empírica, tanto más próxima quedará de cualquier dato futuro, o sea, tanto menos aprenderá de la experiencia, puesto que desde el primer momento anticipa toda la posible (cf. fig. 5.8). Dicho de otro modo: las curvas empíricas más complejas serán menos susceptibles de refutación y más de confirmación por cualquier nueva evidencia, por anómala que ésta sea respecto de hipótesis más simples y arriesgadas. Los partidarios de la confirmación como prueba suprema de las hipótesis no se han dado cuenta de este hecho; mas como lo que buscan es la confirmabilidad máxima, deberían predicar la complejidad máxima de las hipótesis, en vez de afirmar arbitrariamente (o sea, sin fundamento) el principio de simplicidad.

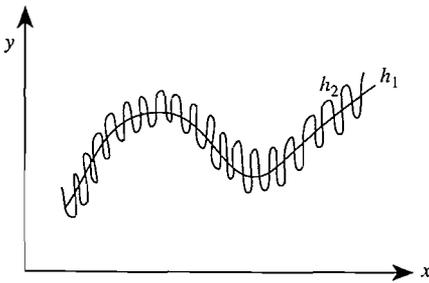


FIGURA 5.8. La hipótesis más compleja (h_2) es la más segura y, por tanto, la menos deseable mientras no se disponga de más evidencias o de teoría.

La argumentación basada en la simplicidad tiene mucha fuerza en el estadio preteórico, que es el único tenido en cuenta por los filósofos inductivistas. Pero en cuanto que se intenta incluir una generalización empírica en un cuerpo teórico, se impone el requisito, más potente, de compatibilidad con el resto del conocimiento. Tomemos, por ejemplo, la ley galileana semi-empírica de la caída libre, a saber, " $s = 5t^2$ ", en la cual 's' designa la altura (en metros) de un cuerpo que ha estado cayendo libremente durante t segundos. Esta ley puede considerarse como la más simple de entre las infinitas relaciones posibles entre valores observados, pero sólo es verdadera en la proximidad de la superficie terrestre, y contiene además el número "5", sobre el cual no da explicación alguna. La correspondiente ley teórica (no conocida por Galileo) es " $s = 1/2 gt^2$ ". Esta fórmula se deduce de los axiomas de Newton, y tiene un dominio de validez más amplio que el de la ley semi-empírica de Galileo, pues se aplica, dentro de ciertos límites, a todo campo gravitatorio homogéneo de intensidad g . La ley teórica no habría podido obtenerse por inducción, porque contiene un concepto teórico no-observacional, a saber, la "aceleración de la gravedad", designado por 'g', el cual es una construcción que sólo tiene sentido en una teoría de la gravitación. También son ajenas a esta ley las consideraciones de simplicidad; dicho sea de paso, la ley tiene que complicarse considerablemente cuando se trata de campos muy intensos y de grandes velocidades. Así pues, ni la inducción ni la simpli-

cidad han sido aquí la última palabra, sino que la ha pronunciado la continuidad con el núcleo del conocimiento teórico. La simplicidad no parece importante más que en los estadios tempranos y simples.

Consideremos ahora el problema de las construcciones *ad hoc*. Las conjeturas protectoras son las más tentadoras de todas las clases de hipótesis, pero también las más rehuidas por los pensadores honrados de todas las filiaciones filosóficas, con la excepción de los convencionalistas, los cuales piensan que todas las hipótesis son de la misma calidad y no pasan nunca de ser meros instrumentos útiles para la condensación y la elaboración de los datos: como consecuencia de ese punto de vista, el convencionalista no siente repugnancia alguna cuando se trata de apoyar una ficción por medio de otra ficción. Hemos rechazado el convencionalismo por incoherente con el objetivo de la ciencia (la construcción de los modelos más veraces posibles de las cosas) y con el método de la ciencia (que supone la contrastación de los modelos hipotéticos desde el punto de vista de su verdad). Pero a pesar de rechazar el convencionalismo, afirmaremos que las hipótesis *ad hoc* son inevitables y bienvenidas en la ciencia en la medida en que contribuyen a enriquecer la fundamentación de hipótesis importantes y a asegurar su consistencia con otras hipótesis. Las hipótesis *ad hoc* son aceptables cuando protegen ideas importantes contra críticas *precipitadas* (como las basadas en la medición más reciente conseguida), mientras que son inadmisibles si impiden *toda* crítica. Lo que hay que exigir antes de admitir (temporalmente) una hipótesis protectora *ad hoc* es que sea *contrastable independientemente*, por sí misma. De acuerdo con lo que convinimos en 5.2 y 5.7, si una conjetura no es contrastable no es científica; una vez contrastada, una hipótesis protectora se convierte en una proposición falsa o en una hipótesis más o menos normal. Por tanto, no hay necesidad de imponer a las hipótesis científicas el ulterior requisito de no ser *ad hoc*: bastará la contrastabilidad para eliminar protectoras indeseables. Esta tesis quedará ilustrada por el análisis de unos pocos ejemplos.

La hipótesis de que los elementos atómicos pueden tener diferentes isótopos (o sea, subespecies físicamente diversas de especies químicamente homogéneas) se construyó inicialmente para salvar la hipótesis de que los átomos están compuestos por un número discreto de partículas. La hipótesis de los isótopos (F. Soddy, 1913) salvó efectivamente la teoría atómica, amenazada por el descubrimiento de que la mayoría de los pesos atómicos no son múltiplos enteros exactos de una unidad básica: esta anomalía se explicó diciendo que las muestras naturales de elementos químicamente podían ser mezclas de varios isótopos, de tal modo que el peso atómico medido era una media de los pesos atómicos de los varios isótopos presentes en las muestras. Esta hipótesis protectora quedó luego confirmada independientemente: se separaron, efectivamente, y se pesaron los isótopos de cierto número de elementos con la ayuda del espectrómetro de masa (F. W. Aston, 1919), un expediente inventado para someter a contrastación la hipótesis de los isótopos. Así pues, el carácter *ad hoc* de la hipótesis de los isótopos ha sido simplemente un trivial e irrelevante accidente de su nacimiento.

*No siempre está claro si va a ser contrastable la hipótesis introducida para proteger a otra o a una entera teoría: en última instancia, la contrastabilidad no es intrínseca a la hipótesis, sino relativa a los medios (teorías y técnicas empíricas) disponibles en un momento dado. Tal fue el caso de la hipótesis de la contracción, la hipótesis según la cual

todos los cuerpos se contraen en la dirección de su movimiento. Con esta hipótesis intentaron G. F. Fitzgerald y H. A. Lorentz salvar la mecánica clásica de las destructoras “conclusiones” que en otro caso se derivarían del experimento de Michelson-Morley. Frecuentemente se lee que hubo que rechazar la hipótesis de la contracción porque no es independientemente contrastable, puesto que afirma explícitamente que la contracción de que habla es absoluta o, como también puede decirse, relativa al (inexistente) éter inmóvil. Pero la hipótesis de la contracción fue en última instancia sometida a contrastación; lo que pasa es que costó bastante tiempo conseguir sus consecuencias medibles y comprender que *presuponía* supuestos incontrastables, como la existencia del espacio absoluto. Una de las consecuencias contrastables de la hipótesis de la contracción es que, como la resistencia eléctrica de un hilo es proporcional a su longitud, si la contracción fuera real, la resistencia disminuiría durante el movimiento: Trouton y Rankine refutaron esa consecuencia en 1908. Otra consecuencia contrastable es que, como las frecuencias de las vibraciones propias de un cubo dependen de su arista, tendrían que cambiar con el movimiento, cosa que también resultó falsa (Wood, Tomlison y Essex, 1937).

La hipótesis de la contracción fue rechazada o, más propiamente, reinterpretada por Einstein, no porque fuera una hipótesis protectora, sino porque presupone el supuesto incontrastable de un espacio absoluto y, consiguientemente, de un movimiento absoluto. Si no hubiera sido por eso y por la falsedad factual, los físicos habrían acogido la hipótesis de la contracción como salvadora de algo que valía la pena salvar, a saber, la mecánica clásica. Cuando una gran teoría que ha prestado grandes servicios se encuentra en peligro por el descubrimiento de una excepción, se produce el impulso primario y legítimo a intentar salvarla mediante alguna hipótesis *ad hoc* menos valiosa, pero contrastable.*

La tendencia a construir hipótesis protectoras es psicológicamente comprensible: por una parte, ya normalmente nos resistimos a admitir cambios en nuestro sistema de creencias; y, por otro lado, la hipótesis inescrutable tiene la ventaja—desde el punto de vista de la conservación de las creencias—de que no puede ser puesta a prueba independientemente, de tal modo que no sólo suministra protección sino que, además, es ella misma inmune a cualquier ataque de la experiencia. Así ocurre, por ejemplo, con la pretensión de los espiritistas según la cual todo fallo en la percepción de señales mentales en el orden correcto se debe a la facultad precognitiva del sujeto: de este modo toda evidencia desfavorable a la hipótesis de la telepatía queda recogida como confirmación de la hipótesis de la precognición. Análogamente, según el psicoanálisis hay ciertas experiencias infantiles que producen agresividad; pero cuando se encuentra un caso de comportamiento temeroso cuando según la doctrina tendría que ser agresivo, el hallazgo no se cuenta como contraejemplo, sino que se introduce la hipótesis *ad hoc* de que el sujeto ha construido una reacción contra su tendencia natural. De este modo es imposible que se presenten evidencias desfavorables, y el inocente queda convencido por un *gang* de cómplices que no quedan nunca al descubierto porque se facilitan unos a otros la coartada. Conclusión práctica: aunque las teorías científicas se someten a contrastación en su conjunto, porque la mayoría de sus consecuencias contrastables se derivan de cierto número de sus supuestos básicos, en cambio las conjeturas *ad hoc* que haya entre esos supuestos tienen que ser contrastables independientemente.

Vamos a terminar este punto. Tenemos que admitir con el infalibilista que toda hipó-

tesis supone un riesgo. Por otro lado, el aceptar tales riesgos es todo lo que podemos hacer en el terreno de la ciencia, pues la investigación científica es esencialmente un tratamiento de problemas que exigen la concepción, la elaboración y la contrastación de hipótesis. Además, cuanto más arriesgadas son las hipótesis, tanto mejores son (dentro de ciertos límites), porque dicen más y, consiguientemente, son más sensibles a la experiencia. Hay, sin duda, algunas hipótesis peligrosas que deben evitarse; las limitaciones *a priori* (o sea, sin fundamento) de la inteligencia humana, las conjeturas ingenuas que no tienen más argumento en su favor que su simplicidad (conjeturas “naturales”, “obvias”, “intuitivas”), las conjeturas sofisticadas que no pueden comprobarse con la ayuda de la experiencia, y las hipótesis *ad hoc* que se resisten a una contrastación independiente. Pero los requisitos simultáneos de *fundamentación* y *contrastabilidad* eliminarán todo exceso de este tipo. La cuestión no es minimizar las hipótesis, sino maximalizar su control, porque los seres racionales se enfrentan con la experiencia, la multiplican y trascienden mediante la invención de hipótesis. La divisa no es *Tener la mente vacía*, sino *Tener la mente abierta*.

En la sección siguiente mostraremos que al embarcarnos en una investigación científica no llevamos con nosotros simplemente un cuerpo de hipótesis factuales y de datos, sino también un haz de hipótesis filosóficas.

Problemas

5.8.1. Examinar las siguientes opiniones acerca de las hipótesis. (i) Sexto Empírico, *Against the Professors* [Adversus Mathematicos] III, 9-10, en *Works*, trad. inglesa de R. G. Bury, Cambridge, Mass., Loeb Classical Library, 1949, IV, p. 249: “...si la cosa es verdadera, no la postulemos como si no lo fuera. Y si no es verdadera, sino falsa, la hipótesis no será de ninguna ayuda...” Indicación: ¿Vale esa objeción en el marco de una epistemología que no admita ni la verdad factual completa ni la certeza completa a su respecto? (ii) F. Bacon, *Novum Organum*, Aphorism 1, en *Philosophical Works*, J. M. Robertson (ed.), Londres, Routledge, 1905, p. 259: “El hombre, por ser siervo e intérprete de la naturaleza, puede hacer y entender todo y sólo lo que ha observado de hecho o en el pensamiento en el curso de la naturaleza: más allá de eso no conoce ni puede hacer nada. La tarea no es, consiguientemente, hacer ‘anticipaciones de la naturaleza’ (hipótesis), sino ‘interpretaciones de la naturaleza’ (inducciones).” Este último procedimiento, según el Aphorism XIX, “deriva axiomas de los sentidos y de lo particular, subiendo mediante un ascenso gradual y continuo, hasta llegar al final a los axiomas más generales. Ésta es la vía verdadera, que no ha sido recorrida hasta ahora”. Indicación: averiguar si es lógicamente posible subir de las fórmulas más débiles hasta las más fuertes. (iii) J. Toland, *Christianity not Mysterious*, Londres, 1702, p. 15: “... como la probabilidad no es conocimiento, destierro toda hipótesis de mi filosofía; pues por muchas que admita, no por eso aumentará mi conocimiento en una iota: porque al no aparecer entre mis Ideas ninguna Conexión evidente, es posible que tome como verdadera la parte falsa de la Cuestión, lo cual es lo mismo que no saber nada de la Materia. Cuando consigo el Conocimiento, gozo de toda la Satisfacción que le acompaña; cuando sólo tengo Probabilidad, suspendo el Juicio o, si vale la pena el Esfuerzo, busco la Certeza.”

5.8.2. Examinar los enunciados siguientes: (i) L. Pasteur, en R. Dubos, *Louis Pasteur*, Boston, Little, Brown and Co., 1950, p. 376: “Las ideas preconcebidas son como faros que iluminan el camino del experimentador y le sirven como guías para interrogar la naturaleza. Sólo se convierten en un peligro si las transforma en ideas fijas, razón por la cual querría ver inscritas en todos

los templos de la ciencia las siguientes profundas palabras: ‘La mayor perturbación de la mente consiste en creer en algo porque uno desea que sea así’. (ii) T. H. Huxley, *Hume*, Londres, Macmillan. 1894, p. 65: “Toda ciencia parte de hipótesis; dicho con otras palabras, de supuestos no probados y que pueden ser, y son frecuentemente, erróneos, pero son algo mejor que nada para el que busca un orden en la plétora de los fenómenos. Y el proceso histórico de toda ciencia depende de la crítica de las hipótesis—su eliminación gradual, esto es, la de sus partes falsas o superfluas— hasta que no queda más que la exacta expresión verbal de lo que sabemos del hecho, y no más, lo cual constituye la perfecta teoría científica.” (iii) M. Schlick, *Sur le fondement de la connaissance*, París, Hermann, 1935, p. 33: “Todas las proposiciones de la ciencia, todas sin excepción, resultan *hipótesis* cuando se examina su valor, esto es, su valor veritativo.” En cambio, los enunciados puramente empíricos (enunciados de protocolo) son ciertos, pero no son proposiciones que pertenezcan a la ciencia, ni se entienden a menos que se los ilustre con ademanes. Así, por ejemplo, ‘Aquí y ahora dos líneas amarillas’ no es una sentencia científica. En cambio, ‘El sodio presenta una línea doble en la parte amarilla de su espectro’ es una genuina sentencia científica (p. 47).

5.8.3. Comentar la observación de Darwin de que “toda observación tiene que ser en favor o en contra de alguna opinión, si es que ha de servir para algo”.

5.8.4. Discutir la naturaleza “del” principio de simplicidad y su papel en la ciencia. En particular, examinar si es un principio en sentido propio o puede derivarse de supuestos más fuertes, y si supone un compromiso ontológico.

5.8.5. ¿Son estrictamente empíricas las curvas así llamadas? ¿Y son esos gráficos propiamente hipótesis o más bien símbolos no-verbales (geométricos) de hipótesis?

5.8.6. Para fines de matematización, la población puede considerarse como una variable continua. ¿Qué tipo de suposición es ése?

5.8.7. De acuerdo con W. D. Matthew, todos los animales terrestres se originaron en la región holártica (Norteamérica, Europa, norte de Asia, norte de África y Ártico). Esta hipótesis sólo es sostenible juntamente con la de la deriva continental, que fue comprobada mucho después. *Problema en lugar de ése*: Examinar la siguiente argumentación de B. Russell, en *Human Knowledge*, Londres, Allen and Unwin, 1948, p. 343, en favor de la exigencia de características no-empíricas—como la simplicidad y la continuidad— en las hipótesis: “Supongamos que fuéramos a establecer la hipótesis de que las mesas, cuando nadie las mira, se convierten en canguros; esto complicaría mucho las leyes de la física, pero ninguna observación podría refutarlo.” ¿Satisface la conjetura de las mesas-canguros la condición de fundamentación? ¿E implica consecuencias contrastables diferentes de la hipótesis de las mesas-mesas?

5.8.8. H. Bondi y T. Gold (1948) postularon (i) que el universo en conjunto es en todas partes y siempre el mismo (“Principio Cosmológico Perfecto”) y (ii) que las galaxias están constantemente separándose unas de otras (expansión del universo). Esos dos postulados son recíprocamente incompatibles (puesto que la expansión lleva a la rarefacción de la materia, lo cual contradice la hipótesis de la homogeneidad total), a menos que se añada la hipótesis de que constantemente se crea materia de la nada y exactamente con la tasa necesaria para compensar la expansión del universo. Examinar esta última hipótesis desde el punto de vista de su fundamentación y desde el de su contrastabilidad. Cf. M. Bunge, “Cosmology and Magic”, *The Monist*, 44, 116, 1962.

5.8.9. J. C. Maxwell (1864) postuló que toda corriente eléctrica es cerrada, lo cual quedaba aparentemente refutado por la existencia de condensadores. Para salvar su hipótesis básica supuso que la corriente variable no termina en las láminas del condensador sino que se propaga por el cuerpo dieléctrico (o en el vacío) como “corriente de desplazamiento”. Esta hipótesis fue severamente criticada por motivos metodológicos, pues introducía un inobservable y era *ad hoc*. La hipótesis fue confirmada independientemente por H. Hertz (1885) después de la muerte de Maxwell.

Discutir el caso. *Problema en lugar de ése*: Discutir cualquier otro caso de hipótesis *ad hoc*.

5.8.10. Según E. Mach, *History and Root of the Principle of Conservation of Energy*, 1872, trad. inglesa, Chicago. Open Court, 1911, p. 49, "en la investigación de la naturaleza no debemos ocuparnos más que del conocimiento de la conexión de las apariencias unas con otras. Lo que nos representamos más allá de las apariencias existe *sólo* en nuestra comprensión y no tiene para nosotros más que el valor de una *técnica memorística* o fórmula, cuya forma por ser arbitraria e irrelevante, varía muy fácilmente con el punto de vista de nuestra cultura". Si eso es verdad, la ciencia abunda en hipótesis incontrastables que, por serlo, no tendrán nada que permita una elección entre ellas. Por otra parte, en el fenomenismo de Mach hay un núcleo racional, a saber, la eliminación de supuestos insusceptibles de contrastación. Discutir la paradoja. *Problema en lugar de ése*: En la sec. 5.7. se afirmó que ninguna hipótesis se somete a contrastación aislada de otras hipótesis, y en la presente sección se ha afirmado que hay que exigir la contrastabilidad independiente de las hipótesis *ad hoc*. Discutir esta aparente contradicción.

5.9. HIPÓTESIS FILOSÓFICAS EN LA CIENCIA

El conocimiento científico no contiene supuestos filosóficos. De esto se infiere frecuentemente que la investigación científica no tiene ni presupuestos filosóficos ni alcance filosófico, y que, por tanto, la ciencia y la filosofía serían compartimentos impermeables. Pero ésa es una conclusión precipitada. Tal vez no se encuentre la filosofía en los edificios científicos terminados (aunque incluso esto es discutible), pero en todo caso es sin duda parte del andamiaje utilizado en su construcción. Y, a la inversa, la filosofía puede y debe construirse con el método de la ciencia y sobre la base de los logros y los fracasos de la investigación científica (cf. sec. 4.7). No podemos argüir aquí ese último punto: lo que nos va a ocupar aquí es sustanciar la tesis de que la investigación científica *presupone y controla* ciertas importantes hipótesis filosóficas. Entre ellas destacan las siguientes: la realidad del mundo externo, la estructura de muchos niveles que tiene la realidad, el determinismo en un sentido amplio, la cognoscibilidad del mundo y la autonomía de la lógica y de la matemática.

1. *Realismo: La realidad del mundo externo*. Algunos filósofos sostienen que la ciencia factual no presupone, emplea ni confirma la hipótesis filosófica de que existen objetos reales, o sea, de que hay algo que existe independientemente del sujeto concedor. Pero eso es un error. En primer lugar, la mera noción de verdad factual, o adecuación de una proposición a un hecho, contiene la noción de hecho objetivo; sólo la verdad formal, por ser una propiedad sintáctica, es independiente de los hechos, y por eso puede ser completa y, consiguientemente, definitiva. En segundo lugar, cuando se construye una hipótesis factual para cubrir un conjunto de hechos, se presume que los hechos son reales (actuales o posibles); no se pierde tiempo en la ciencia en dar razón de hechos inexistentes. En tercer lugar, ya las contrastaciones en búsqueda de la verdad factual de una hipótesis presuponen que hay algo fuera del mundo interno del sujeto y que concordará en alguna medida con la proposición en cuestión o discrepará de ella. Si ese algo dependiera enteramente del sujeto, no hablaríamos de contrastaciones objetivas ni de verdad objetiva. En cuarto lugar, todo procedimiento empírico de la ciencia empieza por establecer una

línea de separación entre el sujeto investigador y su objeto: si no se traza esa línea y cualquier otro operador puede tener acceso al mismo objeto, el procedimiento no debe ser aceptable para los científicos. En quinto lugar, la ciencia natural, a diferencia de concepciones pre-científicas como el animismo y el antropomorfismo, no da cuenta de la naturaleza usando los términos apropiados para atributos típicamente humanos, como haría si la naturaleza dependiera de algún modo del sujeto. Así, por ejemplo, no damos razón del comportamiento de un objeto basándonos en nuestras expectativas ni en otras variables subjetivas, sino que, por el contrario, basamos nuestras expectativas racionales en las propiedades objetivamente averiguables del objeto tal como nos es conocido. En sexto lugar, no habría necesidad de experimentar ni de teorizar acerca del mundo si éste no existiera por sí mismo; una teoría factual refiere a algo que no es el sujeto (aunque puede ser una persona considerada como objeto) y la contrastación empírica de la teoría supone la manipulación y hasta a veces la modificación (mediante el experimento) del correlato de la teoría. En séptimo lugar, la ciencia factual contiene reglas de interpretación que presuponen la existencia real de los correlatos. Así, por ejemplo, la regla semántica “‘Z’ designa el número atómico de un elemento” no se inventa por gusto ni para correlatar determinadas percepciones, sino que se supone que establece una relación entre el signo ‘Z’ y una propiedad física objetiva (aunque no-observable), a saber, el número de electrones que hay en un átomo. En octavo lugar, no sería necesaria ninguna corrección sucesiva de las teorías factuales si fueran meras construcciones convencionales que no intentaran reflejar la realidad de un modo simbólico. Si creyéramos menos en la existencia de los átomos que en nuestras teorías atómicas, no estaríamos dispuestos a corregir estas últimas en cuanto que presentan sus defectos, sino que abandonaríamos la hipótesis de la existencia de los átomos. En noveno lugar, los axiomas de una teoría factual son enunciados afirmativos más que negativos, no sólo porque las proposiciones negativas son más bien indeterminadas y, por lo tanto, poco fecundas, sino también porque una proposición afirmativa sugiere la búsqueda de alguna entidad o propiedad existentes, puesto que sólo la existencia de ese correlato puede hacer verdadera aquella proposición; en cambio, las proposiciones negativas son verdaderas si no existe nada que las false. En décimo lugar, los enunciados legaliformes presuponen la existencia objetiva de los objetos a cuyas propiedades se refieren; pues en otro caso su verdad sería vacía. En resolución: la ciencia factual no *prueba* la existencia del mundo externo, sino que *presupone* sin duda ninguna esa hipótesis filosófica. Los que quieran refutar esa hipótesis tendrán pues que prescindir de la ciencia.

*Pese a ello se dice a menudo que la contemporánea física atómica y nuclear pone en tela de juicio o hasta refuta la hipótesis de la realidad del mundo externo; y hay autores que dan, ciertamente, esa impresión. Pero un examen semántico de los enunciados fundamentales de la teoría de los quanta muestra que esos enunciados caen en una de las clases siguientes: (i) enunciados referentes a objetos autónomos no perturbados por medición, como un átomo en estado estacionario (o sea, que no absorbe ni irradia energía) o un fotón que viaja por un espacio vacío, en el cual ningún dispositivo puede detectarlo absorbiéndolo; (ii) enunciados referentes a objetos en observación, medición o, en general, interacción con sistemas macroscópicos, como un haz de electrones que atraviesa un sistema de ranuras; (iii) enunciados referentes a resultados (posibles) de la observación o la medición; y (iv) enunciados referentes a las propiedades de las leyes básicas mismas. Los

enunciados de las clases (i) y (ii) refieren a objetos físicos a los que se atribuye una existencia independiente: los primeros, a microobjetos no-observables, los otros a sistemas complejos que contienen a la vez una entidad microscópica (el objeto de la investigación) y una entidad macroscópica (un medio de investigación). Los enunciados de las clases (iii) y (iv) no se refieren directamente a objetos físicos existentes por sí mismos; los primeros se refieren a resultados de operaciones físicas practicadas sobre ellos, los demás a otros enunciados. Pero las operaciones físicas se consideran aquí como procesos puramente físicos (aunque seguramente habrán sido planeados por alguna inteligencia), y los enunciados a los que se refieren los de la clase (iv) son de la clase (i) o de la clase (ii). En ningún caso tratan las fórmulas de la teoría de los quanta con estados mentales del observador, los cuales son tema de investigación para el psicólogo. Lo más que afirman ciertas interpretaciones de la teoría es que ésta no contiene enunciados de la clase (i). Pero esa afirmación —que es falsa— no afecta a la hipótesis de la realidad del mundo externo: no hace sino convertir la teoría de los quanta en una teoría de objetos bajo control experimental, lo cual, dicho sea de paso, si fuera verdad, impediría la aplicación de la teoría a la astrofísica.*

2. *Pluralismo de propiedades: La realidad tiene una estructura de varios niveles.* Es una hipótesis ontológica contenida en (y apoyada por) la ciencia moderna la de que la realidad, tal como la conocemos, hoy, no es un sólido bloque homogéneo, sino que se divide en varios *niveles* o sectores, caracterizado cada uno de ellos por un conjunto de propiedades y leyes propias. Los principales niveles reconocidos hasta el momento parecen ser el físico, el biológico y el sociocultural. Cada uno de ellos puede a su vez dividirse en subniveles.

Otro presupuesto, relacionado con el anterior, es que los *niveles superiores arraigan en los inferiores*, histórica y contemporáneamente; o sea, que los niveles superiores no son autónomos, sino que dependen en cuanto a existencia de la subsistencia de niveles inferiores, y han surgido en el tiempo a partir de los inferiores en cierto número de procesos evolutivos. Este arraigo de lo superior en lo inferior es la base objetiva de la explicación parcial de lo superior por lo inferior o a la inversa.

Las dos hipótesis ontológicas básicas que acabamos de señalar están insertas en la visión contemporánea de las cosas, hasta el punto de que subyacen a la clasificación corriente de las ciencias y dominan más o menos nuestro sistema de educación superior. Así, por ejemplo, el psicólogo científico se ve obligado a aprender cada vez más biología y hasta química y física, porque cada vez se ve más claro que los hechos psíquicos arraigan en esos niveles inferiores; pero el psicólogo se ve también cada vez más obligado a comunicar con la sociología, porque estamos dándonos cuenta de que existe una reacción del nivel sociocultural sobre los niveles inmediatamente inferiores a él: así reconocemos la influencia de la religión en las costumbres de alimentación y la reacción de estas últimas costumbres sobre la producción de alimentos. Sólo los físicos tienen derecho a ignorar los niveles superiores —y a veces los ignoran hasta el punto de hablar de una influencia mental directa sobre los fenómenos físicos, saltándose así todos los niveles intermedios.

Además subyace la citada hipótesis de los niveles a varios importantes principios de la *metodología* científica, los de parsimonia de niveles, trascendencia de niveles, nivelación y contigüidad de niveles. (Según algunos filósofos los niveles son un asunto pura-

mente metodológico, sin alcance ontológico. Pero ésta es otra hipótesis ontológica, la cual, además, separa la metodología del resto y es por tanto incapaz de explicar por qué un método es eficaz o fracasa.) El principio de la *parsimonia de niveles* es como sigue: “Empezar por estudiar los hechos en su propio nivel; no introducir más niveles más que si resulta imprescindible”. Por ejemplo, no hay que introducir la psicología y la psiquiatría en el estudio de la política internacional, puesto que se puede andar un gran trecho sin su compañía. El principio de la *trascendencia de niveles*: “Si un nivel es insuficiente para dar cumplida cuenta de un conjunto de hechos, hay que ahondar bajo su superficie y por encima de ella en busca de los niveles contiguos”. Por ejemplo, para explicar los enlaces químicos no hay que detenerse ante las leyes particulares de las reacciones químicas o su correspondiente termodinámica, sino que hay que mirar también por debajo del nivel molecular, al nivel atómico, en busca de los mecanismos relevantes. Principio del *nivel-origen*: “Intentar explicar lo superior por lo inferior, y no invertir el proceso sino en última instancia”. Por ejemplo, hay que intentar resolver el problema de la resolución de problemas por los animales utilizando los conceptos de ensayo y error y de aprendizaje; no se introducirán la comprensión y la inteligencia más que si ese primer planteamiento es insuficiente y si la complejidad del sistema nervioso del animal estudiado hace posibles la comprensión y la inteligencia. Este principio puede llamarse también principio de *reductivismo metodológico*, que no debe confundirse con el reductivismo ontológico ni con la negación de los niveles. Principio de *contigüidad de los niveles*: “No saltarse niveles, esto es, no ignorar los niveles intermedios cuando se establecen relaciones entre niveles”. Por ejemplo, no hay que considerar adecuada una explicación de un esquema de comportamiento social sobre la base de términos físicos, porque los estímulos físicos no pueden alcanzar el nivel social más que a través de organismos dotados de ciertas capacidades psíquicas. El salto de niveles puede ser, sin embargo, inevitable cuando se dispone de poco conocimiento; y puede ser incluso interesante cuando los procesos intermedios no tienen interés en la investigación en curso. Pero éstas son consideraciones pragmáticas que no tienen valor cuando el objetivo perseguido es una fiel reproducción de la realidad.

3. *Determinismo ontológico: Leyes, no magia.* La doctrina filosófica del determinismo tiene dos aspectos, uno ontológico y otro epistemológico, que se confunden frecuentemente. El *determinismo ontológico* sostiene la determinación de las cosas y de los acontecimientos; el *determinismo epistemológico* afirma la posibilidad de determinar conceptualmente (conocer) los hechos y sus esquemas enteramente. En sentido estrecho, el determinismo ontológico equivale al determinismo mecanicista o laplaceano, componente de la visión newtoniana del mundo y según el cual el cosmos es un conjunto de partículas en interacción que se mueven de acuerdo con un puñado de leyes mecánicas. La versión amplia del determinismo supone sólo (i) la hipótesis de que todos los acontecimientos son según leyes (*principio de legalidad*) y (ii) la hipótesis de que nada nace de la nada ni se sume en ella (*principio de negación de la magia*). Este determinismo laxo no restringe los tipos de leyes admisibles: admite leyes estocásticas y reconoce la objetividad del azar. Lo único que niega es la existencia de acontecimientos que carezcan de ley o no sean producidos por otros acontecimientos anteriores.

Hasta la tercera década de nuestro siglo persistieron varios matices de determinismo

estrecho, ninguno de los cuales reconocía la objetividad del azar. Sus sostenedores no se daban cuenta de que incluso admitiendo que cada una de las entidades de un conjunto se comporte de un modo perfectamente determinado (no casual), resultará alguna cantidad de juego o azar por la relativa independencia mutua de esas entidades (pues no existe la rigidez completa). Finalmente, el determinismo ontológico estrecho quedó derrotado por la teoría de los quanta, la cual reconoce la objetividad del azar no sólo como rasgo de sistemas complejos, sino incluso al nivel de las partículas; “elementales”, las cuales obedecen a leyes estocásticas. *El que esa casualidad sea un conocimiento definitivo o pueda ser algún día analizada como resultado de complejos procesos internos o interacciones con campos de niveles inferiores es cosa que aún no puede decidirse. Es, además, importante darse cuenta de que tanto la teoría de los quanta como su filosofía están aún en gestación, por lo que no deben inferir de ellas consecuencias detalladas presentándolas como si fueran conocimientos definitivos acerca del comportamiento de los microsistemas. Pero el tipo de azar y los niveles exactos en los cuales se presenta es de importancia secundaria si se compara con el reconocimiento de que el azar es un modo del devenir y precisamente un modo que obedece a leyes. También es importante para nosotros en este momento darnos cuenta de que la teoría de los quanta se acoge a los principios de legalidad y recusación de la magia: esa teoría formula leyes que recubren la mayoría de los esquemas conocidos al nivel atómico, y entre esas leyes hay algunas de conservación, esto es, que niegan la creación *ex-nihilo* y la aniquilación sin resto de sistemas materiales (partículas o campos), por muchas que sean las partículas que se “aniquilan” (esto es, que se transforman en fotones) y viceversa. En resolución, la teoría de los quanta respeta el determinismo general igual que cualquier otra teoría científica. ¿Y cómo podría ser de otro modo si esa teoría pretende esforzarse por alcanzar el objetivo de la ciencia, que es la reconstrucción conceptual de los esquemas (leyes) del ser y el cambio?* Imaginar acontecimientos no regidos por leyes sería reconocer que ninguna ciencia puede dar razón de ellos, lo cual equivaldría a prejuzgar la cuestión. Imaginar acontecimientos que obedecieran a leyes, pero fueran indeterminados (como, por ejemplo, la creación de átomos a partir de la nada) sería reconocer que ninguna ley es realmente necesaria, puesto que todo es posible, incluso la magia: de hecho, si un átomo puede surgir sin condición antecedente determinada, entonces ¿por qué no va a poder hacer lo mismo una molécula? Y si lo puede una molécula, ¿por qué no un cromosoma? Y si lo puede un cromosoma, ¿por qué no una célula? Y si lo puede una célula, ¿por qué no un dinosaurio? Dicho brevemente: el determinismo general está implantado en la ciencia *qua* ciencia, en la medida en que la investigación científica es la búsqueda y la aplicación de las leyes, las cuales, a su vez, ponen límites a las posibilidades lógicas, como puede ser el nacimiento de algo a partir de nada o la desaparición de algo en nada.

4. *El determinismo epistemológico: Cognoscibilidad.* El determinismo epistemológico estricto es la hipótesis programática de que toda cosa puede ser conocida con tal de que atendamos a ella: que en principio es posible conocer agotadoramente los objetos presentes, pasados y futuros, de tal modo que no quede incertidumbre alguna a su respecto. Esta forma estrecha de determinismo se abandonó *de facto*, si no *de iure*, en la segunda mitad del siglo XIX, al aparecer la física de los campos y la física estadística. La primera mostró que es en principio imposible conseguir conocer cada porción de un campo,

porque un campo es un sistema de infinitos grados de libertad. Y la física estadística mostró que el estado de cada partícula en un sistema no puede conocerse de modo completo, aunque no sea más que por su pequeñez y su gran número, por no hablar ya de los movimientos de las partículas. Pero esto se consideró como una limitación práctica del conocimiento, mientras que las limitaciones impuestas por los medios continuos, como los campos, son límites *de iure*, irrebables por lo tanto. Pero son límites de *experiencia*, límites que la teoría puede rebasar. Así, aunque no podemos tener la ilusión de medir el valor de la fuerza o intensidad del campo en todos los puntos de una región, sí que podemos *calcularlo* con la ayuda de la teoría y de datos bien elegidos. Sólo recordando que el conocimiento empírico no agota el conocimiento científico podemos evitar el ser víctimas del escepticismo completo o del irracionalismo.

En todo caso, igual que hemos abandonado el determinismo ontológico estrecho y hemos adoptado en su lugar una doctrina más rica, así también tenemos que flexibilizar el determinismo epistemológico estrecho y adoptar la hipótesis (filosófica) de la *cognoscibilidad limitada*. Esta versión laxa del determinismo epistemológico admitirá las incertidumbres arraigadas en el azar objetivo y las que son inherentes a nuestra capacidad de conocer. Esta versión del determinismo epistemológico nos obliga exclusivamente a esperar que los efectos del azar (o más bien sus probabilidades) puedan finalmente, calcularse, y que puedan analizarse, calcularse y reducirse en alguna medida las laxitudes objetivas (indeterminaciones) o subjetivas (incertidumbres). El determinismo laxo o general recoge las aportaciones valiosas del indeterminismo, principalmente el reconocimiento de que existe objetivamente el azar en todos los niveles (por tanto, que hay leyes estocásticas) y el reconocimiento de que no es posible ninguna certeza definitiva. Esta doctrina metafísica no se puede hallar en ningún contexto científico por la sencilla razón de que está presupuesta en todos ellos, en la investigación científica: si se elimina la hipótesis de la cognoscibilidad (limitada), se detiene todo motor que lleve a buscar el conocimiento científico; y si se elimina la restricción indicada por la palabra ‘limitada’ quedan permitidas las investigaciones absurdas, como, por ejemplo, el intentar comunicarse con el pasado o con el futuro. Así pues, el problema epistemológico genuino no es *si* podemos conocer, sino en qué medida conocemos de hecho y en qué medida podemos ampliar las actuales fronteras de lo conocido, recordando siempre que el conocimiento científico, lejos de ser indubitable, es falible.

Según el fenomenismo no podemos conocer más que apariencias: ignoramos lo que puedan ser las cosas en sí mismas, aparte de nuestras relaciones con ellas; además, no tiene interés el intentar llegar a ellas mismas, porque el supuesto de su existencia independiente es una conjetura metafísica sin garantía. El fenomenalismo consigue cubrir una parte del conocimiento ordinario: la que se refiere a la apariencia. Pero la ciencia va más allá de los fenómenos: en otro caso podría ser intersubjetiva (interpersonal), pero no objetiva. En realidad, las teorías científicas, lejos de afirmar relaciones entre predicados fenoménicos, contienen predicados no-fenoménicos; además, la ciencia explica la apariencia sobre la base de hechos objetivos (hipotéticos), y no al revés. Mientras que el fenomenista y el empirista radical tienen que aceptar la proposición “Veo esta noche más estrellas que la noche pasada” como una afirmación última, puesto que expresa una experiencia, el científico intentará explicar esa experiencia, por ejemplo, basándose en las

condiciones atmosféricas. Y supondrá que, las vea o no las vea nadie, las estrellas siguen estando allí, igual las visibles que las que no podemos ver nunca.

Admitido que la ciencia alcanza la cosa misma y no sólo su apariencia para nosotros, ¿hasta qué punto lo consigue? Según el positivismo tradicional, lo que la ciencia alcanza es exclusivamente el comportamiento externo del objeto y sus relaciones externas con otros objetos. Esta tesis, aunque falsa y unilateral, tiene una sana raíz metodológica, a saber, la siguiente regla de método: “Contrastar las hipótesis referentes a la composición y la estructura interna de los sistemas mediante sus manifestaciones externas”. La razón de esa regla es, a su vez, la generalización de que la externalización es una condición necesaria, aunque insuficiente, de la observabilidad; dicho de otro modo: no podemos captar la interioridad de una cosa si no se manifiesta, aunque sea muy indirectamente, a nuestros sentidos. Pero eso no debe llevarnos a confundir la referencia de las hipótesis científicas con su contrastación: el comportamiento externo no es la cosa, sino una porción de ella. El comportamiento y la estructura interna no son más que dos aspectos de los sistemas reales; explicamos el comportamiento por la estructura interna y contrastamos las hipótesis sobre la estructura por medio del comportamiento observable. En cuanto a la prescripción relacionista, debería estar claro que (i) salvo en lógica pura, nunca nos limitamos a establecer simples relaciones, y aún menos relaciones entre relaciones, sino más bien relaciones entre variables cada una de las cuales representa un supuesto rasgo objetivo, y (ii) un conjunto de sistemas interrelacionados es un sistema de orden superior, de tal modo que las relaciones entre los miembros del último producen la estructura del todo. En resolución, un estudio de relaciones puede ser profundo si lo deseamos.

Pero es claro que si no se busca más que una descripción del comportamiento externo no se conseguirá más que eso. Pero entonces la limitación de nuestro planteamiento no podrá atribuirse al objeto de la investigación, ni tampoco a toda investigación posible. Un planteamiento más profundo —representacional en vez de fenomenológico— puede entonces formularse para buscar las fuentes internas del comportamiento. Este planteamiento se pondrá a sí mismo la tarea de hallar (i) las propiedades y relaciones origen del objeto, y (ii) las relaciones fundamentales entre esas variables esenciales, o sea, las leyes esenciales del objeto, que dan razón de los mecanismos internos responsables últimos de su comportamiento externo (parcialmente observable). Esas variables-origen y esas relaciones invariantes entre ellas son lo que hoy se entiende por *esencia* de una cosa —en vez de entender por esa expresión alguna especial sustancia nuclear. La ciencia intenta pues descubrir la esencia de las cosas, pero en este sentido más elaborado de ‘esencia’. Y seríamos insensatos si proclamáramos en todo momento que se ha capturado de una vez para siempre la esencia de algo: lo que podemos obtener son perspectivas cada vez menos confusas sobre leyes esenciales de diferentes niveles.

En suma, la ciencia presupone que sus objetos son cognoscibles en alguna medida, y reconoce que algunos de los límites puestos al conocimiento se deben a los objetos mismos, mientras que otros son transitorios. A su vez, la posibilidad de conocer algo, posibilidad sostenida por el determinismo epistemológico, se basa en la supuesta determinación del mundo: si los acontecimientos carecieran de todo esquema y no fueran producidos por otros acontecimientos ni dejaran huella alguna, no serían posibles más que impresiones vagas y fugaces. El hecho empírico de que la investigación científica consiga captar

algunos esquemas de determinación en el caótico fluir de las apariencias sugiere y conforma el determinismo ontológico. Las dos ramas de un determinismo laxo –el neodeterminismo ontológico y epistemológico– se sostienen la una a la otra.

5. *Formalismo: la autonomía de la Lógica y la Matemática.* Un buen instrumento no debería alterarse con el uso: de otro modo no habría manera de terminar tarea alguna con su ayuda. La lógica es un tal instrumento de la ciencia: por mucho que cambie la ciencia de la lógica, lo hace siempre internamente o en respuesta a problemas puramente racionales, no en un esfuerzo de adaptarse a la realidad. La lógica es autosuficiente desde los puntos de vista de su objeto y de su método: no tiene más objeto que sus propios conceptos, y sus demostraciones no deben nada a las peculiaridades del mundo. No quiere eso decir que la lógica pertenezca a otro mundo, o sea, que las fórmulas lógicas se encuentren en un reino de ideas platónicas: la lógica es un producto de seres racionales, y desaparecerá con el último lógico (lo cual ha ocurrido ya antes de ahora); pero no se refiere a la realidad. Cualquiera que sea el aspecto del mundo para las sucesivas generaciones de científicos, las verdades lógicas, como “ $p \rightarrow (q \rightarrow p)$ ” y las argumentaciones lógicas, como “ $\{p \vee q, -q\} \vdash -p$ ”, siguen inmutables porque no tienen contenido factual. Otro asunto es el hecho de que no siempre se les haya reconocido su autosuficiencia, cosa de interés para el psicólogo y para el historiador de la ciencia: lo que aquí se afirma es que las fórmulas lógicas y las argumentaciones lógicas no tienen más criterio que ellas mismas. Lo mismo puede decirse de la matemática. En resolución: la validez de una ciencia formal es independiente del mundo porque no se ocupa de él. La ciencia factual, cuando utiliza la matemática, plantea *problemas* matemáticos; y la investigación matemática plantea a su vez *problemas* lógicos: pero también este asunto es para el psicólogo y el historiador de la ciencia, además de interesar al metodólogo: el hecho no prueba que la ciencia formal se ocupe del mundo externo, ni que sea lógicamente dependiente de él, sino sólo que la ciencia formal no vive en un mundo aparte, sino que a menudo ocupa el pensamiento de personas interesadas por las ideas y por el mundo. La cosa sería muy distinta si el mundo tuviera propiedades formales; pero sólo pueden tenerlas las ideas, ya sea ideas puras, ya ideas sobre el mundo.

Todas las teorías lógicas contienen –y todas las teorías matemáticas y factuales presuponen de un modo u otro– las leyes de identidad y no-contradicción, así como la regla de separación, o *modus ponendo ponens*. (La ley o principio del tercio excluso no se presenta en la lógica intuicionista, que, en parte por esta razón, no se utiliza en la ciencia. En la lógica ordinaria, esta ley “ $p \vee -p$ ” es equivalente al principio de no-contradicción, de modo que no hay necesidad de mencionarla por sí misma en nuestra discusión.) Supongamos, por arrancar nuestra argumentación, que la ciencia factual no presupusiera esos principios lógicos. Entonces presupondría otros principios lógicos, o no presupondría ninguno. En el primer caso, esos principios serían descubribles mediante el análisis, igual que el análisis del discurso ordinario llevó a la lógica clásica y el del discurso matemático a la lógica simbólica. Y si la ciencia factual no presupusiera ningún principio lógico, podría quedarse tal cual o entablar una investigación empírica en busca de principios propios. En el primer caso, no habría limitación alguna de las formas lógicas ni de las inferencias: todo podría afirmarse (toda serie posible de símbolos podría tomarse como representante de una fórmula bien formada) y todo podría inferirse (cualquier secuencia

de enunciados, aunque fueran lógicamente incoherentes, sería aceptable como argumentación válida). Como éste no es el caso, tomemos la otra posibilidad, a saber, que la ciencia factual emprendiera una investigación propia de la lógica y buscara sus propios principios de razonamiento. ¿Cómo podría conseguirlo? Los conceptos, las funciones proposicionales, las proposiciones, etc. —o sea, los objetos lógicos— no tienen existencia material ni pueden, consiguientemente, ser objetos de experiencia: sólo sus símbolos tienen existencia material, pero son inesenciales, o sea, que pueden cambiarse por otros símbolos cualesquiera sin que cambie lo denotado. La ciencia factual tendría que volverse hacia adentro, tendría que hacer su propio análisis para descubrir los principios lógicos que estuvieran insertos en ella misma. Pero ¿con qué instrumentos procedería a ese análisis, si no es con los instrumentos lógicos que al principio se había negado a presuponer? Por tanto, la ciencia factual tiene que presuponer alguna lógica.

La lógica presupuesta por la ciencia factual no es sino una entre las innumerables teorías lógicas posibles (consistentes): es la llamada lógica *ordinaria* bivalente, o de dos valores. Las demás teorías lógicas son interesantes por sí mismas, pero no se aplican al análisis del discurso científico. No obstante, todas ellas, las teorías lógicas aplicables y no aplicables (o, si se prefiere, aplicadas y no aplicadas hasta ahora), contienen los citados principios lógicos o están construidas de tal modo que esos principios no se conculquen. Supongamos por un momento que la ciencia rechazara esos principios lógicos. Si se abandonara el principio lógico de identidad tendríamos que admitir el milagro de que un enunciado cambiara por sí mismo y fuera incapaz de representar dos veces —en una misma argumentación, por ejemplo— la misma proposición. Si se abandonara el principio de no contradicción, seríamos incapaces de hacer suposiciones determinadas pues podríamos estar afirmando al mismo tiempo sus negaciones. Además, asignaríamos el mismo valor a hipótesis y evidencias contradictorias, y, consiguientemente, el mismo concepto de contrastación perdería interés. Por último, sin la regla de separación o algún principio de inferencia más fuerte, ninguna suposición podría ser fecunda: seríamos incapaces de inferir, o, por lo menos, de convalidar nuestras conclusiones. Por tanto, la ciencia tiene que aceptar de algún modo y en algún lugar esos principios. Importa poco que se formulen como axiomas o como teoremas, o incluso como reglas; y tampoco el que se coloquen en la lógica, en la metalógica o incluso en la matemática pero hay que tenerlos si es que se quiere distinguir entre fórmulas e inferencias correctas e incorrectas. En definitiva: toda la ciencia, factual o formal, presupone un mínimo de principios lógicos, y toda la ciencia formal es lógicamente (no psicológica ni históricamente) independiente de la ciencia factual.

Hay otras hipótesis filosóficas relevantes para la ciencia factual pero no es nuestra tarea (que además sería imposible) examinarlas todas. La intención de este estudio ha consistido en mostrar que la investigación científica presupone lógicamente ciertas hipótesis filosóficas muy amplias: que la ciencia no es filosóficamente neutra, sino partidista. De eso no hay que inferir que la ciencia necesite una sólida *base* filosófica, en el sentido de que se necesite una filosofía para *convalidar* las hipótesis científicas: sería desastroso que se diera una vez más al filósofo la última palabra sobre cuestiones de hecho. No se trata de *basar* la ciencia en la filosofía, ni a la inversa, sino más bien de reconocer que la una no *existe* sin la otra, y que no parece que pueda progresar la una sin el apoyo y la crítica de la otra.

Ningún principio filosófico suministra una justificación concluyente de una hipótesis científica; una hipótesis factual es simplemente no-científica si se maneja como verdadera por razones *a priori* o como irrectificable por la nueva experiencia. En particular, es perder el tiempo el buscar los principios filosóficos que puedan convalidar inferencias científicas no-deductivas, hipótesis metafísicas como “El futuro se parece al pasado”, “La naturaleza es uniforme” o “Todo efecto tiene una causa”. No es posible convalidar argumentaciones heurísticas esencialmente inseguras, como las inductivas, ni es prudente darles rigidez; y no vale la pena intentar ninguna de las dos cosas, porque las hipótesis inductivamente halladas son superficiales, y el mejor modo de convalidarlas (aunque imperfectamente) consiste en enlazarlas con otras hipótesis. Los varios presupuestos implícitos de la investigación científica no suministran una fundamentación *última* de la ciencia, sino que necesitan ellos mismos apoyo; ¿y cómo pueden justificarse si no es por su capacidad de guiar una investigación afortunada (aunque no infalible) de la verdad?

Aunque la filosofía no puede pretender convalidar las ideas y los procedimientos científicos, puede y debe examinarlos, criticarlos, afirmarlos y proponer y especular otras alternativas posibles. Y si por un lado hace falta una mentalidad científica para darse cuenta de que la mayor parte de la filosofía se encuentra aún en un estadio pre-científico —por expresarnos blandamente— y para formular los desiderata de un filósofo científico, por otro lado hace falta una mentalidad filosófica para darse cuenta de las inevitables debilidades y algunas de las posibilidades inexploradas que presenta la ciencia en cada uno de sus estadios. No hace falta decir que una tal mentalidad filosófica no es propiedad exclusiva de los filósofos; en realidad, todo gran científico tiene una concepción filosófica, aunque sea incoherente, y ha soportado dificultades filosóficas al planear líneas de investigación y estimar sus resultados; esto no puede sorprender, porque un gran científico es una persona que se mueve entre problemas profundos, y los problemas profundos exigen hipótesis profundas, o sea, hipótesis que están de algún modo relacionadas con concepciones filosóficas del mundo y de nuestro conocimiento del mismo.

Atendamos ahora a las hipótesis que, con razón o sin ella, se supone representan esquemas generales, a saber, los enunciados de leyes, o enunciados legaliformes.

Problemas

5.9.1. La mayoría de los científicos no han tenido una educación lógica sistemática: razonan (a menudo incorrectamente) de un modo intuitivo, salvo cuando dan a sus pensamientos forma matemática, en cuyo caso la matemática se ocupa de la coherencia lógica. ¿Prueba eso que la ciencia sea independiente de la lógica? ¿Y prueba que el científico no necesite una educación lógica sistemática? *Problema en lugar de ése*: Los empiristas y los materialistas tradicionales han sostenido que la lógica, lejos de carecer de presupuestos, presupone cierto número de principios tomados de la metafísica, la ciencia, etc., como la hipótesis de la existencia independiente del mundo y la hipótesis de la legalidad de los acontecimientos. Estudiar alguna doctrina de este tipo, como, por ejemplo, el sistema de “lógica material u objetiva” propuesto por J. Venn en *The Principles of Empirical or Inductive Logic*, 2a. ed., Londres, Macmillan, 1907, cap. 1.

5.9.2. Algunos filósofos, señaladamente Hegel y sus seguidores, han rechazado las leyes lógicas de identidad y no-contradicción arguyendo que no explican ni permiten el cambio. Examinar ese argumento. Para una crítica de la creencia en que la lógica presenta compromisos ontológicos cf. E. Nagel, *Logic Without Metaphysics*, Glencoe, Ill., The Free Press, 1956, cap. 1. *Problema en lugar de ése*: Discutir los principios filosóficos y heurísticos estudiados por el físico J. A. Wheeler en "A Septet of Sibyls: Aids in the Search for Truth", *American Scientist*, 44, 360, 1956.

5.9.3. ¿Está alguna de las cinco hipótesis filosóficas tratadas en el texto no sólo presupuesta, sino también corroborada por la investigación científica? *Problema en lugar de ése*: ¿Son contrastables las hipótesis filosóficas? Si lo son, ¿cómo? En particular: ¿cómo podríamos contrastar hipótesis ontológicas referentes al cambio?

5.9.4. Buscar más presupuestos filosóficos de la ciencia. *Problema en lugar de ése*: ¿Es verdad que la física moderna nos obliga a considerar 'realidad' y sus palabras emparentadas como términos vacíos?

5.9.5. T. Goudge, en *The Ascent of Life*, Toronto, University of Toronto Press, 1961, pp. 155ss., cita como metafísicas las siguientes presuposiciones de la teoría de la evolución (i) "Hay un efectivo pasado evolutivo que puede conocerse científicamente, pero nunca observarse." (ii) "Los objetos llamados fósiles son restos de la evolución" es una afirmación verdadera." (iii) "Los factores y las leyes de las que hoy sabemos que son eficaces en el dominio biológico lo fueron durante toda la historia de la vida o durante su mayor parte." ¿En qué sentido son metafísicas esas hipótesis? *Problema en lugar de ése*: Discutir la influencia de la ontología mecanicista en la biología y la psicología—en el tipo de problemas que se plantearon esas disciplinas—a partir del siglo xvii.

5.9.6. G. Schlesinger, en *Method in the Physical Sciences*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1963, p. 46, sostiene que "el principio de microrreducción ("Las propiedades de los sistemas físicos tienen que explicarse por las de sus partes, y no a la inversa") es injustificable, pues no es más que un prejuicio que supone una parcialidad en favor de un método que no es objetivamente superior a su opuesto desde ningún punto de vista". Discutir esa afirmación en relación con la física del estado sólido, la biología molecular o la biopsicología.

5.9.7. Los sostenedores más extremistas de la llamada interpretación de Copenhague (o interpretación ortodoxa) de la mecánica de los quanta sostienen que ésta establece la imposibilidad de separar claramente el objeto investigado del observador; algunos llegan hasta a afirmar que la teoría establece la primacía del espíritu sobre la materia. Si eso fuera verdad, ¿podría distinguirse la investigación física de la psicológica? Véase una muestra en E. P. Wigner, "Remarks on the Mind-Body Question", en I. J. Good (ed.), *The Scientist Speculates*, Londres, Heinemann, 1962, p. 285: "no ha sido posible formular las leyes de la mecánica de los quanta de un modo plenamente consistente sin referirse a la consciencia. Todo lo que afirma suministrar la mecánica de los quanta son conexiones de probabilidad entre impresiones sucesivas (también llamadas "apercepciones") de la consciencia, y aunque la línea divisoria entre el observador cuya consciencia queda afectada y el objeto físico observado puede desplazarse hacia una o hacia otro en medida considerable, no puede, de todos modos, eliminarse". Puede verse una crítica de estas opiniones en M. Bunge, *Filosofía de la física*, Barcelona, Ariel, 1978.

5.9.8. El mecanicismo puede ser ontológico o metodológico. El *mecanicismo ontológico* sostiene que toda la realidad es exclusivamente (o al menos básicamente) física. El *mecanicismo metodológico* (mejor llamado *fisicismo*) es la estrategia que consiste en aplicar los métodos y las teorías de la física y de la química a la biología en la medida de lo posible y sin entrar en compromisos ontológicos. ¿Cuál de las dos clases de mecanicismo—si lo es alguna—es favorecida por la biología? ¿Puede alguno de esos tipos de mecanicismo ampliarse a la psicología o la sociología? *Problema en lugar de ése*: Examinar y ejemplificar los conceptos de emergencia y de nivel de organización. Véase D. Blitz, *Emergent Evolution*, Dordrecht, Kluwer, 1992.

5.9.9. El individualismo filosófico, como el mecanicismo, puede ser ontológico o metodológico. El *individualismo ontológico*, o nominalismo, sostiene que no hay más que individuos, y no totalidades ni clases. El *individualismo metodológico* dice sólo que las totalidades pueden entenderse analizándolas en sus partes; por ejemplo, que las tendencias sociales tienen que analizarse como resultado de la acción de los grupos, y la acción de los grupos tiene que analizarse a su vez en acciones individuales. ¿Se utiliza en la ciencia el individualismo de una clase u otra? ¿Y nos obliga el individualismo metodológico a abandonar la investigación, por ejemplo, de las leyes sociales en su propio nivel? *Problema en lugar de ése*: Examinar el sistemismo como alternativa tanto al individualismo como al holismo. Cf. M. Bunge, *A World of Systems*, Dordrecht, Reidel, 1979; *Sistemas sociales y filosofía*, Buenos Aires, Sudamericana, 1995; *Social Science under Debate*, Toronto, University of Toronto Press, 1998 [*Las ciencias sociales en discusión*, Buenos Aires, Sudamericana, 1999].

5.9.10. Uno de los supuestos filosóficos insertos en la ciencia es que los objetos materiales de escala macroscópica subsisten entre dos observaciones. La experiencia no puede suministrar prueba alguna de ese principio: sólo podrá apoyarse en evidencia indirecta, así como en la falta de fundamento de la hipótesis contraria. ¿Se sigue de ello que la hipótesis en cuestión no es más verdadera que la contraria, o sea, la que dice que los objetos materiales dejan de existir cuando no son observados, o que se transforman en objetos de clase completamente distinta a menos que tengamos la vista fija en ellos? Si esto fuera verdad, sólo podríamos mantener la hipótesis de la persistencia de los objetos estipulando que hay que elegir la hipótesis más simple, estipulación que es tan poco empírica como la hipótesis que pretende salvar. Así, por ejemplo, escribía B. Russell en *Human Knowledge: Its Scope and Limits*, Londres, George Allen and Unwin, 1948, p. 343: “Supongamos que fuéramos a formular la hipótesis de que las mesas, cuando nadie las mira, se convierten en canguros; esto complicaría mucho las leyes de la física, pero ninguna observación podría refutarlo. Las leyes de la física, en la forma en que las aceptamos, no sólo tienen que estar de acuerdo con la observación, sino que, además, por lo que hace a lo no observado, tienen que poseer ciertas características de simplicidad y continuidad que no son empíricamente demostrables”. ¿Es éste un callejón sin salida?

BIBLIOGRAFÍA

- Bernard, C., *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* [1865], París, Charles Delagrave, 1952.
- Beveridge, W.I.B., *The Art of Scientific Investigation*, Nueva York, W. W. Norton and Co., 1950, cap. iv.
- Bunge, M., *Intuición y razón*, Buenos Aires, Sudamericana, 1996.
- , *The Myth of Simplicity*, Englewood Cliffs, N. J., 1963, caps. 4-8, 9 y 10.
- , “Phenomenological theories”, en M. Bunge (ed.), *The Critical Approach*, Nueva York, The Free Press, 1964.
- , *The Furniture of the World*, Dordrecht-Boston, Reidel, 1977.
- , *A World of Systems*, Dordrecht-Boston, Reidel, 1979.
- Duhem, P., *La théorie physique*, parte II, cap. VII, 2a. ed., París, Rivière, 1914.
- Hanson, N. R., “The Logic of Discovery”, *Journal of Philosophy*, LV, 1073, 1958. Crítica de D. Schon, *ibid.*, LVI, 500, 1959, y réplica de Hanson, *ibid.*, LVII, 182, 1960.
- Naville, E., *La logique de l'hypothèse*, París, Alcan, 1880.

- Popper, K. R., *Conjectures and Refutations*, Nueva York, Basic Books, 1962, caps. 1 y 8.
—, *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos, 1962.
- Schiller, F.C.S., "Hypothesis", en S. Singer (ed.), *Studies in the History and Method of Science*, Oxford, Clarendon Press, 1921, vol. II.
- Whewel, W., *Novum Organum Renovatum*, 3a. ed., Londres, Parker, 1858.
- Wilson, E.B., *An Introduction to Scientific Research*, Nueva York, McGraw-Hill, 1952, 7.5.
- Woodger, J.H., *Biology and Language*, Cambridge, Cambridge University Press, 1952, Lect. I, sec. 1, y Lect. II, sec. 1.