

4. PROBLEMA

El conocimiento científico es, por definición, el resultado de la investigación científica, o sea, de la investigación realizada con el método y el objetivo de la ciencia. Y la investigación, científica o no, consiste en hallar, formular problemas y luchar con ellos. No se trata simplemente de que la investigación empiece por los problemas: la investigación consiste constantemente en tratar problemas. Dejar de tratar problemas es dejar de investigar, y hasta suspender el trabajo científico rutinario. La diferencia entre la investigación original y el trabajo rutinario consiste sólo en que la primera trabaja problemas originales, o estudia problemas viejos con planteamientos originales, mientras que el trabajo científico rutinario se ocupa de problemas de rutina, o sea, problemas de un tipo conocido y estudiados por un procedimiento conocido.

4.1. LA FUENTE DE LA CIENCIA

Parece que todos los vertebrados tienen cierta capacidad de notar problemas de algún tipo y de investigarlos en cierta dimensión. La psicología animal estudia el reflejo investigador o impulso exploratorio, un esquema de comportamiento —en parte innato y en parte adquirido— por el cual el animal percibe y examina ciertos cambios del medio con el fin de maximizar su utilidad o minimizar su peligro para el organismo. Todos los animales buscan cosas y modifican su comportamiento para eludir o resolver los problemas que les plantean nuevas situaciones, esto es, estados del mundo que no son fáciles de superar con el mero depósito de reflejos ya acumulado por ellos. Incluso pueden proyectarse y construirse máquinas para “percibir” y “resolver” ciertos problemas —o, más precisamente, para realizar operaciones que se hacen corresponder a dichos procesos. Pero sólo el hombre inventa problemas nuevos: él es el único ser problematizador, el único que puede sentir la necesidad y el gusto de añadir dificultades a las que ya le plantean el medio natural y el medio social. Aún más: la capacidad de “percibir” novedad, de “ver” nuevos problemas y de inventarlos es un indicador del talento científico y, consiguientemente, un índice del lugar ocupado por el organismo en la escala de la evolución. Cuanto más rentables son los problemas descubiertos, planteados y resueltos por un investigador, tanto mayor es la valía de éste. No hace falta que los resuelva todos: basta con que suministre —directa o indirectamente— a otros investigadores problemas cuya solución puede constituir un progreso relevante del conocimiento. Esto debe subrayarse en una época en la cual el descubrimiento de problemas se descuida en favor de la resolución de problemas. La *Opticks* de Newton, con sus 31 profundas “Queries”—problemas abiertos—, que ocupaban casi 70 páginas y suministraron problemas a la investigación durante todo un siglo, no debe considerarse como una obra científica importante por aquellos que no dan im-

portancia más que a la resolución de problemas y al conjunto de “conclusiones” obtenidas investigando las fuentes del trabajo.

La actitud problematizadora, característica de toda actividad racional, es la más visible de la ciencia y de la filosofía racionalista (es decir, crítica); dicho de otro modo: la ciencia y la filosofía racionalista consisten en un estudio crítico de problemas. Tomemos, por ejemplo, un objeto arcaico recién descubierto en un sitio arqueológico: puede ser una mercancía para el anticuario, un estímulo de sensaciones estéticas para el *connaisseur* de arte, y algo que sirve para llenar alguna caja del coleccionista. Pero para el arqueólogo aquel objeto puede convertirse en fuente de un ciclo de problemas. El objeto será “significativo” para él en la medida en que sea testimonio de una cultura extinguida, algunos de cuyos rasgos pueda inferir de un examen comparativo del objeto. Su forma, su constitución y su función pueden, en principio, explicarse con conjeturas (hipótesis) sobre el modo de vida y la mentalidad de la población que produjo y usó ese objeto.

En resolución, para el arqueólogo el objeto no será simplemente una cosa, sino que le planteará toda una serie de problemas, igual que el descubrimiento de ese objeto puede haber sido la solución de un problema previo. La solución de cualquier problema de ese tipo puede convertirse a su vez en punto de partida de una nueva investigación. Esas soluciones se llaman frecuentemente *conclusiones*, según una terminología desgraciada porque sugiere que se trata de conocimientos que cierran o concluyen la investigación, cuando, de hecho, suelen ser provisionales. Otras veces se llama *datos* a soluciones de problemas, lo cual es también erróneo, porque esos elementos no son nunca dados al científico, sino que éste los extrae, y a menudo los produce, en el curso de la investigación: lo realmente dado no suele plantear problemas y es, por tanto, de escasa relevancia científica.

Las tareas del investigador son: tomar conocimiento de problemas que otros pueden haber pasado por alto; insertarlos en un cuerpo de conocimiento e intentar resolverlos con el máximo rigor y, primariamente, para enriquecer nuestro conocimiento. Según eso, el investigador es un problematizador *par excellence*, no un traficante en misterios. El progreso del conocimiento consiste en plantear, aclarar y resolver nuevos problemas, pero no problemas de cualquier clase. Los escolásticos quedaron fuera del movimiento de invención que es la ciencia moderna porque estaba errado todo su modo de considerar la realidad; en su mayoría, temían los problemas nuevos, y, en general, la novedad como tal; los escolásticos padecían, por así decirlo, neofobia; los pocos problemas que consiguieron formular eran en su mayor parte de la clase inútil, esto es, o demasiado triviales o más allá de sus fuerzas, y, en cualquier caso, de formulación demasiado laxa; al no interesarse por el mundo, era muy difícil que pudieran plantear preguntas referentes al modo de funcionar de éste; y al ser dogmáticos, no sometían sus conjeturas a contrastación. En resolución: aunque algunos pocos escolásticos dieron de sí datos e hipótesis aceptables al servicio de un manojito de problemas científicos —especialmente de óptica y estática—, en general no produjeron problemas científicos propiamente dichos, o se dedicaron sólo a unos pocos problemas más bien triviales y aislados y con una finalidad primariamente práctica, como la medición del tiempo y la farmacología aplicada. La selección errada de los problemas, debida a su vez a una contemplación equivocada del mundo y de la investigación, es también la causa principal del fracaso de ciertas escuelas de pensamiento, como la biología vitalista, que ha trabajado con ciertas vagas nociones acerca de la vida,

la finalidad y los todos orgánicos, en vez de plantearse cuestiones concretas acerca de la constitución y el carácter de los organismos.

La selección del problema coincide con la elección de la línea de investigación, puesto que investigar es investigar problemas. En la ciencia moderna, la elección de grupos de problemas o de líneas de investigación está a su vez determinada por varios factores, tales como el interés intrínseco del problema según lo determina el estadio del conocimiento en cada momento, o la tendencia profesional de los investigadores afectados, o la posibilidad de aplicaciones, o las facilidades instrumentales y de financiación. Las necesidades prácticas son una fuente de problemas científicos, pero el insistir exageradamente sobre la aplicación práctica (por ejemplo, la industria o la política) a expensas del valor científico intrínseco, es a largo plazo esterilizador, y el plazo largo es lo que cuenta en una empresa colectiva como la ciencia. En primer lugar, porque los problemas científicos no son primariamente problemas de acción, sino de conocimiento; en segundo lugar, porque no puede realizarse trabajo creador más que con entusiasmo, y el entusiasmo puede fácilmente faltar si la línea de investigación no se elige libremente movidos por la curiosidad. Por eso la primera consideración a la hora de elegir líneas de investigación debe ser el interés del problema mismo. Y la segunda consideración debe ser la posibilidad de resolver el problema —o de mostrar que es irresoluble— contando con los medios disponibles.

Al igual que en la vida cotidiana, en la ciencia el planteamiento de grandes tareas acarrea grandes éxitos y grandes fracasos. Nadie puede esperar que preguntas superficiales y modestas reciban respuestas profundas y muy generales. El camino más seguro es sin duda la selección de problemas triviales. Los que buscan ante todo la seguridad deben escoger problemas pequeños; sólo los pensadores más amigos del riesgo tomarán el de gastar muchos años en luchar con problemas de grandes dimensiones que no les asegurarán ni continuidad ni ascensos en su carrera. Las revoluciones se han producido siempre en la ciencia pura por obra de personas de este carácter, más que por descubrimientos casuales de investigadores prolijos y sin imaginación dedicados a problemas aislados y reducidos. Incluso los descubrimientos casuales (como el de las “enanas blancas”, obtenido durante el examen rutinario de espectros de estrellas) se deben a personas que estaban dispuestas a percibir cualquier novedad y cuya personalidad era conocida en este sentido: otros investigadores habrían visto lo mismo sin interpretarlo del mismo modo.

He aquí unos pocos ejemplos de tareas inconclusas: la unificación de la teoría de la gravitación con la microfísica; el problema de los tres cuerpos; la investigación de la estructura de las partículas elementales; la especulación acerca del origen de la vida, y la sintetización de los grandes componentes del protoplasma, y acaso de una unidad completa de materia viva; el establecimiento de teorías neurológicas de los procesos mentales; la construcción de teorías matemáticas de los procesos sociales básicos de las grandes comunidades, las cuales permitieran previsiones sociológicas precisas. Esos problemas son ambiciosos y, al mismo tiempo, parecen al alcance de nuestro siglo, como sugiere el hecho de que tengamos ya recogidos resultados preliminares.

No hay técnicas para elaborar problemas que sean a la vez profundos, fecundos y resolubles con medios prescritos. Pero pueden ser útiles los siguientes consejos: (i) Criticar soluciones conocidas, esto es, buscar puntos débiles en ellas: tienen que tener alguno, aunque no se hayan descubierto hasta el momento. (ii) Aplicar soluciones conocidas

a situaciones nuevas y examinar si siguen valiendo para éstas: si valen, se habrá ampliado el dominio de esas soluciones; si no valen, se habrá tal vez descubierto todo un nuevo sistema de problemas. (iii) Generalizar viejos problemas: probar con nuevas variables y/o nuevos dominios para las mismas. (iv) Buscar relaciones con problemas pertenecientes a otros campos: así, al estudiar la inferencia deductiva como proceso psicológico, preguntarse cómo puede ser su sustrato neurofisiológico.

Una vez propuesto un problema a la investigación, hay que estimar su valor. Pero tampoco se conocen reglas ya listas para estimar a priori la importancia de los problemas. Sólo los investigadores con experiencia, amplia visión y grandes objetivos pueden estimar con éxito los problemas, pero tampoco de un modo infalible. (La lista de problemas abiertos establecida por Hilbert en 1900 y que ha alimentado a generaciones enteras de matemáticos ha sido tan excepcional como las cuestiones ópticas de Newton.) En todo caso, además de la elección del problema adecuado, el éxito presupone la elección o el arbitrio de los medios indicados para resolverlo. O sea: la sabiduría en la elección de líneas de investigación se manifiesta en la selección de problemas que sean a la vez fecundos y de solución posible dentro del lapso de una vida humana. Y esto requiere un sano juicio u olfato que puede, sin duda, mejorarse cuando ya se tiene, pero no adquirirse sólo por experiencia. En este punto puede, por último, formularse un consejo muy general: empezar por formular cuestiones muy claras y restringidas; adoptar la penetración parcial en los problemas, en vez de empezar con cuestiones que abarquen mucho, como “¿De qué está hecho el mundo?”, “¿Qué es el ente?”, “¿Qué es el movimiento?”, “¿Qué es el hombre?”, o “¿Qué es el espíritu?” Las teorías universales se conseguirán —si se consiguen— como síntesis de teorías parciales construidas como respuestas a sistemas problemáticos modestos, aunque no triviales.

En resumen: los problemas son la fuente de la actividad científica, y el nivel de investigación se mide por la dimensión de los problemas que maneja.

Problemas

4.1.1. Comentar el siguiente fragmento de I. P. Pavlov, *Conditioned Reflexes*, Nueva York, Dover Publications, 1960 (ed. original 1927), p. 12: “...puede llamarse el *reflejo de investigación*. Le llamamos el reflejo del ‘¿Qué es?’ Este reflejo produce la respuesta inmediata, en el hombre y en los animales, a los mínimos cambios del mundo que los rodea, de tal modo que orientan inmediatamente el órgano receptor adecuado, en concordancia con la cualidad perceptible del agente productor del cambio, y hacen una completa investigación del mismo. Es obvia la importancia biológica de este reflejo. Si el animal careciera de él, su vida dependería en todo momento de un hilo”. Más información sobre ese instinto de exploración en S. A. Barnett, “Exploratory Behaviour”, *British Journal of Psychology*, 49, 289, 1958.

4.1.2. ¿Son los dogmáticos una excepción a la ley según la cual todos los vertebrados son capaces de plantearse problemas? ¿O se caracterizan más bien por eludir o eliminar deliberadamente los problemas (y a veces por eliminar a los descubridores mismos de esos problemas)? *Problema en lugar del anterior*: ¿Cuáles son las diferencias entre un problema social y un problema sociológico? ¿Puede la solución de un problema sociológico ser útil para resolver el problema social correspondiente (en los casos en que existe tal correspondencia)?

4.1.3. ¿Por qué la mayoría de las exposiciones filosóficas de la investigación científica empiezan por tratar la obtención de datos (por medio, por ejemplo, de la medición), o la explicación, o la inferencia? *Problema en lugar de ése*: ¿Se equivocaron los escolásticos medievales al dedicarse a los problemas del ser, la potencia, el acto, el devenir y la causa? ¿O más bien erraron por no buscar variables específicas (como el concepto de masa) y sus relaciones mutuas (leyes)?

4.1.4. ¿Confirma la invención de problemas la tesis pragmatista de que el objetivo de la ciencia es la economía de trabajo y, en general, la simplificación? *Problema en lugar de ése*: ¿Confirma la función radical del problema en la ciencia la tesis empirista de que la experiencia origina todo conocimiento?

4.1.5. Comentar W. H. Whyte, Jr., *The Organization Man*, Garden City, Nueva York, s. a. [1956], cap. 16: "The Fight Against Genius", y particularmente los efectos de la planificación científica mezquina de la investigación, la cual excluye la libre elección de problemas por considerarlos dictada por la "huera" curiosidad.

4.1.6. Dar ejemplos de concretos proyectos de investigación fracasados por una mala elección de los problemas o por su formulación defectuosa (por ejemplo laxa). *Problema en lugar de ése*: Comparar las concepciones de la creatividad científica expresadas por A. Szent-György, en *Perspectives in Biology and Medicine*, v, 1962, 173, con las de lord Adrian, *ibid.*, 269.

4.1.7. ¿Qué es más importante para determinar el valor de una investigación experimental: la dimensión y la formulación de los problemas? *Problema en lugar de ése*: Examinar e ilustrar el papel de la frónesis (sano juicio prudente) en la selección de problemas.

4.1.8. W. K. Roentgen (1985) observó que las placas fotográficas se velaban cuando estaban cerca de tubos de rayos catódicos. Otros antes que él habían observado el mismo hecho, o sea, que Roentgen no tenía ningún especial conjunto de datos nuevos como punto de partida. ¿Por qué descubrió él precisamente los rayos X? ¿Y qué quiere decir 'haber descubierto' los rayos X?

4.1.9. Comentar los siguientes artículos: A. Weinberg, *Science*, 134, 161, 1961, sobre el problema de la elección de líneas de investigación probablemente fecundas; y P. Weiss, *Science*, 136, 468, 1962, sobre investigación trivial y la alternativa volumen/calidad. *Problema en lugar de ése*: Citar líneas contemporáneas de investigación comparativamente triviales (problemas grises) y otras que son profundas

4.1.10. Examinar la siguiente afirmación del premio Nobel I. J. Rabi, en E. Fermi, *et al.*, *Nuclear Physics*, Philadelphia. University of Pennsylvania Press, 1941, p. 25: "La animada situación de la física nuclear queda indicada por el hecho de que los más recientes resultados experimentales parecen traer un problema nuevo por cada problema resuelto." Intentar establecer un criterio de la vitalidad de una ciencia como función de la tasa de emergencia de problemas nuevos en ella. *Problema en lugar del anterior*: Se ha definido la "inteligencia" como la capacidad de elaborar información. Si se elige esta definición, puede decirse que las calculadoras automáticas son inteligentes. ¿Es este concepto de inteligencia más adecuado que el tradicional, el cual la identifica con la capacidad de "ver", plantear explícitamente y resolver problemas nuevos?

4.2. *LÓGICA DE PROBLEMAS

El término 'problema' designa una dificultad que no puede resolverse automáticamente, sino que requiere una investigación, conceptual o empírica. Un problema es, pues, el primer eslabón de una cadena: Problema-Investigación-Solución. Los problemas humanos son problemas de acción, o conocimiento, o estimación, o dicción; en las ciencias factuales

se encuentran las cuatro clases de problemas, pero es claro que los centrales son los de conocimiento. Cualquiera que sea la naturaleza de un problema humano, pueden distinguirse en él los siguientes aspectos: (i) el problema mismo, considerado como un objeto conceptual diferente de un enunciado, pero, epistemológicamente, del mismo rango; (ii) el acto de preguntar (aspecto psicológico), y (iii) la expresión del problema mediante un conjunto de sentencias interrogativas o imperativas en algún lenguaje (aspecto lingüístico). El estudio del preguntar es propio de la psicología (incluida la de la ciencia), mientras que el estudio de las preguntas como objetos lingüísticos (sentencias que empiezan y terminan con signos de interrogación) pertenece a la lingüística. Aquí nos interesan los problemas como clase de ideas, bastante despreciada en este aspecto (aún más: la más ignorada) analizables con la ayuda de otras ideas.

En todo problema aparecen ideas de tres clases: el fondo y el generador del problema, y su solución si existe: Considérese el problema “¿Quién es el culpable?” El problema presupone la existencia de un culpable; está engendrado por la función proposicional “ x es el culpable”, en la cual x es la incógnita que hay que descubrir; y el problema suscita una solución de la forma “ c es el culpable”, en la que ‘ c ’ es el nombre de un individuo determinado. Dicho de otro modo, nuestro problema es “¿Cuál es el x tal que x es el culpable?”, o bien, para abreviar, “ $(?x)C(x)$ ”. El generador de la pregunta es $C(x)$ con el presupuesto $(\exists x) [C(x)]$; mientras que la solución es $C(c)$. Lógicamente, pues, tenemos la siguiente secuencia: (1) *Generador*: $C(x)$; (2) *Presupuesto*: $(\exists x) [C(x)]$; (3) *Problema*: $(?x)C(x)$; (4) *Solución*: $C(c)$.

En general, todo problema se plantea respecto de un cierto *fondo* previo constituido por el conocimiento preexistente y, en particular, por los presupuestos específicos del problema. Los *presupuestos* del problema son las afirmaciones que están de un modo u otro implicadas, pero no puestas en tela de juicio, por la formulación del problema y la investigación por él desencadenada. Además, todo problema puede considerarse como engendrado por un conjunto definido de fórmulas. El *generador* de un problema es la función proposicional que da el problema al aplicar a dicha función el operador “?” una o más veces. Por último, todo problema tiende a producir un conjunto de fórmulas —la *solución* del problema— que, cuando se insertan en el generador del problema, convierten a este último en un conjunto de enunciados con un determinado valor veritativo.

A primera vista, una cuestión como “¿Es p verdadero?” no encaja en ese esquema: es un problema engendrado por p mismo, que se supone ser una proposición, no una función proposicional. Pero es claro que “ $?p$ ” puede parafrasearse así: “¿Cuál es el valor veritativo de p ?” En símbolos: $(?v) [V(p) = v]$, formulación en la cual V proyecta las proposiciones p sobre sus valores veritativos, v . Si esos valores son exclusivamente verdad (+1) y falsedad (-1), o sea, si V se reduce a la función ordinaria de valoración, la pregunta inicial no habrá sido modificada por la reformulación que acabamos de hacer. Pero si se admite que v tome otros valores dentro de esos límites, entonces la nueva formulación del problema es más general que la sencilla versión “¿Es p verdadero?”, la cual presupone que una proposición no puede ser más que verdadera o no verdadera. En cualquier caso, las cuestiones referentes a valores veritativos presuponen alguna teoría de la verdad, y son preguntas acerca del valor de una variable individual.

Los huecos que se presentan en un problema pueden ser variables individuales

covariables predicativas. En la pregunta “¿Quién descubrió América?”, engendrada por la función $D(x, a)$, la única incógnita es una variable individual. Análogo es el caso de la pregunta “¿Dónde está c ?”, que supone el concepto cuantitativo de lugar. Por otro lado, un problema como “¿Qué aspecto tiene c ?” nos lleva a buscar el conjunto de propiedades P , desconocidas hasta el momento, que constituyen el aspecto del individuo c . Simbolizaremos esta forma de pregunta del siguiente modo: ‘ $(?P)P(c)$ ’. Las preguntas que se refieren al valor, o a los valores, de una o más variables individuales pueden llamarse *problemas sobre individuos*, y las que preguntan los valores de una o más variables predicativas pueden llamarse *problemas sobre funciones*. Todo problema es de una de esas dos clases.

¿Qué hay entonces de problemas de la forma “¿Tiene c la propiedad A ?”, en los que no se aprecia variable alguna? Ocurre que hay una variable oculta: es el valor veritativo de la proposición “ c tiene la propiedad A ”. Ese problema está efectivamente engendrado por la función “El valor veritativo del enunciado ‘ c tiene la propiedad A ’ es v ”, y resolver ese problema es hallar el concreto valor de v . Por tanto, la formulación explícita del problema es: “¿Cuál es el valor veritativo del enunciado ‘ c tiene la propiedad A ’?”

Análogamente, todas las preguntas relativas a la existencia o la universalidad pueden considerarse como problemas acerca de los valores veritativos de los enunciados existenciales o universales correspondientes. Así, por ejemplo, “¿Hay gravitones?” puede reformularse en la forma “¿Es verdad que hay gravitones?”, y, más precisamente: “¿Cuál es el valor veritativo de la proposición ‘¿Hay gravitones?’?” Así también “¿Cambia toda cosa?” es equivalente a “¿Es verdad que toda cosa cambia?”, formulación que puede convertirse en “¿Cuál es el valor veritativo de la proposición ‘Toda cosa cambia’?”

¿Qué decir del problema “¿Qué es A ?”, cuando ‘ A ’ denota una constante predicativa? Aquí también hay una variable oculta que es necesario explicitar para completar la pregunta; lo que se pregunta, en efecto, es: “¿Cuáles son las propiedades P de A ?”, o $(?P)P(A)$, para abreviar, con ‘ P ’ para designar un predicado (conjunto de ellos) de orden superior al de A . Se trata de un problema sobre funciones, la respuesta al cual está constituida por un conjunto de enunciados que predicán determinadas propiedades de A .

La conclusión que podemos inferir de los anteriores casos, todos ellos caracterizados por la aparente ausencia de variables en las preguntas, es bastante clara: no hay que dejarse engañar por el lenguaje; *cherchez la variable*. Obsérvese, además, que el signo de interrogación, manejado aquí como un concepto primitivo, afecta siempre a una incógnita o variable del tipo individual o del tipo predicativo. Además, “?”—tal como lo usamos en la simbolización, representando también a “¿”—no liga la variable a la que afecta, pues el mero plantear una cuestión no es resolverla. Sólo la respuesta, o sea, la solución, carecerá ya de variables libres.

En la tabla 4.1 se encuentran algunas formas típicas elementales de preguntas, y se muestra su forma lógica. En esa tabla c y d son constantes individuales, x y y variables individuales; A , B y C son constantes predicativas, y P es una variable predicativa. La tabla es ilustrativa y no agota el tema.

En cada una de las formas problemáticas que figuran en la tabla aparece una sola incógnita, mientras que en las respuestas no se presenta ninguna. Esto caracteriza los *problemas determinados*, bien definidos, opuestos a los problemas mal definidos o indeter-

minados. Estos últimos tienen respuestas indeterminadas, o sea, respuestas en las cuales se presentan variables libres. Una pregunta determinada tiene una sola respuesta y sin incógnitas, aunque la respuesta puede consistir en una conjunción de enunciados. Por ejemplo, la pregunta “ $(?x) (x^2 - x = 0)$ ” tiene una sola respuesta, que consta de dos miembros, a saber, las raíces 0 y 1 de la ecuación. En cambio, el problema “ $(?x) (x^2 - x + y = 0)$ ” es indeterminado, porque la incógnita y sigue libre después de haber fijado x . Puede hacerse determinado asignando a y un valor definido o prefiriéndole un signo de interrogación que afecte a esa segunda variable. Efectivamente, “ $(?x) (?y) (x^2 - x + y = 0)$ ” es una pregunta determinada, con una sola respuesta que consta de una infinidad de pares $\langle x, y \rangle$. En resolución: una pregunta determinada tiene una sola respuesta sin variables libres, y esta respuesta puede ser *de un solo miembro* (como en el caso “¿Cuál es el valor de $y = x^3$ para $x = 0,001?$ ”) o *de varios miembros* (como en el caso de “¿Cuáles son las razas humanas?”).

TABLA 4. 1. FORMAS ELEMENTALES DE PROBLEMAS

Clase de problemas	Pregunta	Forma	Forma de la solución
<i>Sobre individuos</i>			
Problema del quién	¿Quién es (quiénes son) el (los) x tal (tales) que $A(x)$?	$(?x)A(x)$	$x = c, d, \dots$
Problema del dónde	¿Dónde (en qué lugar) está el c tal que $A(c)$?	$(?x) [A(c) \rightarrow B(c) = x]$	$x = d$
Problema del porqué	¿Cuál es el p tal que q porque p (o sea, que p acarrea q)?	$(?p) (p \vdash q)$	$p \equiv c$
Problema de la alternativa	¿Cuál es el valor veritativo de p ?	$(?v) [V(p) = v]$	$v = a$
	¿Confirma c a d ?	$(?v) [V[C(c, d)] = v]$	$v = a$
<i>Sobre funciones</i>			
Problema del cómo	¿Cómo ocurre c , que es un A ?	$(?P) [A(c) \rightarrow P(c)]$	$P(c) \equiv B(c)$
Problema del cuál	¿Cuáles son las propiedades de c ?	$(?P) P(c)$	$P(c) \equiv A(c)$
	¿Cuáles son las propiedades de la propiedad A ?	$(?P) P(A)$	$P(A) \equiv B(A)$

No se pueden conseguir respuestas determinadas más que si se formulan preguntas determinadas. La pregunta “¿Cuál es la longitud de esta varilla?” tendrá una sola respuesta con la condición de que ‘esta’ sea un nombre no ambiguo en el contexto dado, y con la de que el sistema de referencia, la unidad de longitud, la temperatura y la presión se hayan indicado. La pregunta “¿Dónde está c ?” no está completamente determinada: un hombre (‘ c ’ en este caso) no individualiza nada como no sea en un contexto; tenemos que indicar el conjunto de propiedades A que identifican a c , y preguntar entonces: “¿Dónde está el c tal que c es un A ?”, o bien: “Dado que c es un A , ¿dónde está c ?”. Suponiendo que la posición de c pueda fijarse con un simple número (valor de una coordenada sola), la forma de esta pregunta, una vez completada, sería “ $(?x) [A(c) \rightarrow B(c) = x]$ ”, con B para designar el concepto cuantitativo de posición. En resolución: todas las variables relevantes que se presentan en un problema deben explicitarse para asegurar la determinación de aquél, a menos que el contexto ponga en claro cuáles son los valores de esas variables.

Todas esas observaciones informales pueden resumirse en la siguiente *Definición*: Un problema está *bien formado* si y sólo si satisface todas las *reglas de formación* siguientes:

- REGLA 1. El generador de un problema bien formado contiene tantas variables como incógnitas.
- REGLA 2. El generador de un problema bien formado lleva prefijados tantos signos de interrogación cuantas son las variables.
- REGLA 3. Todo problema elemental bien formado tiene alguna de las formas siguientes:

$$(?x) (\dots x \dots), (?P) (\dots P \dots), \tag{4.1}$$

en las cuales x es la variable individual que se presenta en el generador $(\dots x \dots)$ y P es la variable predicativa que se presenta en el generador $(\dots P \dots)$.

- REGLA 4. Todo problema bien formado no elemental es una combinación de problemas elementales bien formados.

La Regla 3 equivale a la estipulación de que todo problema, si es bien formado y no contiene más que una incógnita, tiene que ser sobre individuos o sobre funciones. La Regla 4 permite problemas que contengan varias incógnitas, individuales o funcionales. La palabra ‘combinación’, que aparece en la formulación de esa regla, es vaga, y no podemos esperar su precisión sino de una lógica de problemas plenamente desarrollada. No obstante, las siguientes observaciones pueden ser útiles para dilucidar la significación de ‘combinación de problemas’.

*Llamemos $\Pi(x)$ a un problema elemental sobre individuos, y $\Pi(P)$ a un problema elemental sobre funciones. Los dos problemas pueden ser subsumidos bajo uno solo haciendo abstracción del tipo de la variable, o sea, introduciendo el concepto de variable *tout court*: $\Pi(v)$. Todo problema elemental $\Pi(v)$ puede analizarse en la forma $\Pi(v) = (?v)G(v)$, siendo $G(v)$ el generador del problema. Supongamos ahora que los dos problemas elementales que deseamos combinar con $\Pi(v_1) = (?v_1)G_1(v_1)$ y $\Pi(v_2) = (?v_2)G_2(v_2)$. Construimos un tercer problema $\Pi(v_1, v_2)$, que incluye las dos variables v_1 y v_2 , por el mero hecho de ponernos la tarea de resolver $\Pi(v_1)$ o $\Pi(v_2)$ o ambos; este problema

compuesto puede llamarse problema *disyuntivo* y puede simbolizarse así: ' $\Pi(v_1)$ vel $\Pi(v_2)$ '. Análogamente, podemos conseguir un cuarto problema, del todo diferente, $\Pi(v_1, v_2)$, por el procedimiento de imponernos la tarea de resolver $\Pi(v_1)$ y $\Pi(v_2)$; puede llamarse a este problema *conjuntivo*, y simbolizarse: ' $\Pi(v_1)$ et $\Pi(v_2)$ '. En el primer caso, la solución del problema compuesto será la disyunción de los problemas elementales. Llamando a y b a los valores obtenidos para las variables v_1 y v_2 , respectivamente, la solución, $S(a, b)$, de un problema disyuntivo binario será: $G_1(a) \vee G_2(b)$. Análogamente, la solución del problema conjuntivo será la conjunción de las soluciones de los problemas elementales; en el caso de un compuesto binario: $S(a, b) = G_1(a) \& G_2(b)$. Expresado brevemente:

Problema disyuntivo

$$\Pi(v_1, v_2) = [\Pi(v_1) \text{ vel } \Pi(v_2)] \leftrightarrow \{S(a, b) = [G_1(a) \vee G_2(b)]\} \quad [4.2]$$

Problema conjuntivo

$$\Pi(v_1, v_2) = [\Pi(v_1) \text{ et } \Pi(v_2)] \leftrightarrow \{S(a, b) = [G_1(a) \& G_2(b)]\} \quad [4.3]$$

Sobre la base de esas operaciones binarias o diádicas pueden construirse formas problemáticas más complejas. A la inversa, todo problema dado puede analizarse hasta conseguir problemas más simples relacionados por '*vel*' y/o '*et*'. Así, por ejemplo, un problema de tres variables (o triatómico) puede analizarse de uno de los modos siguientes:

$$\begin{array}{ll} \Pi_1 \text{ vel } \Pi_2 \text{ vel } \Pi_3, & \Pi_1 \text{ et } \Pi_2 \text{ et } \Pi_3 \\ \Pi_1 \text{ vel } (\Pi_2 \text{ et } \Pi_3), & \Pi_1 \text{ et } (\Pi_2 \text{ vel } \Pi_3) \end{array}$$

Es claro que los funtores *vel* y *et* cumplen las leyes asociativa y conmutativa. Por tanto, las dos últimas fórmulas pueden desarrollarse del modo siguiente:

$$\Pi_1 \text{ vel } (\Pi_2 \text{ et } \Pi_3) = (\Pi_1 \text{ vel } \Pi_2) \text{ et } (\Pi_1 \text{ vel } \Pi_3) \quad [4.4]$$

$$\Pi_1 \text{ et } (\Pi_2 \text{ vel } \Pi_3) = (\Pi_1 \text{ et } \Pi_2) \text{ vel } (\Pi_1 \text{ et } \Pi_3), \quad [4.5]$$

lo cual, a su vez, puede generalizarse para cualquier número de constituyentes elementales.

Hasta este punto son visibles las analogías entre el cálculo de enunciados y el cálculo de problemas (aún no construido). Esas analogías pueden subrayarse aún más introduciendo el concepto de negación de un problema (expresada por una pregunta negativa). Lo haremos mediante la *Definición*: Si $G(v)$ es el generador de $\Pi(v)$, entonces *no* $\Pi(v) = = (?v) [-G(v)]$. A menudo es conveniente pasar del problema dado a su negación. Por ejemplo, "¿Qué elementos químicos son nobles?" puede sustituirse por "¿Qué elementos químicos entran en compuestos?", que es la negación del anterior. Con la ayuda del concepto de negación de un problema y con la de las fórmulas anteriores, puede analizarse todo problema hasta convertirlo en la conjunción (disyunción) de disyunciones (de conjunciones) de problemas más simples.

Además de los compuestos de problemas elementales conseguidos mediante las *operaciones vel* y *et*, admitimos las *relaciones* diádicas de implicación y equivalencia entre

problemas. Diremos que Π_1 *implica* Π_2 precisamente en el caso de que el generador de Π_1 implique el generador de Π_2 ; y diremos que los problemas son *equivalentes* si lo son sus generadores respectivos. En símbolos:

$$\text{Implicación de problemas: } (\Pi_1 \text{ seq } \Pi_2) \leftrightarrow (G_1 \rightarrow G_2) \quad [4.6]$$

$$\text{Equivalencia de problemas: } (\Pi_1 \text{ aeq } \Pi_2) \leftrightarrow (G_1 \rightarrow G_2) \quad [4.7]$$

En el caso más sencillo, $v_1 = v_2$; en casos más complicados, v_1 será un conjunto de variables que incluye a v_2 como subconjunto. Ejemplo de implicación de problemas: El problema consistente en hallar el valor veritativo de un enunciado *implica* el problema consistente en hallar si esa misma proposición es verdadera. Ejemplo de equivalencia de problemas: el problema consistente en deducir el condicional $A \rightarrow C$ a partir de la(s) premisa(s) P es equivalente al problema que consiste en derivar la consecuencia C a partir de la premisa reforzada $P \& A$. Efectivamente: $\Pi_1 = (?v_1) [V(P \vdash A \rightarrow C) = v_1]$, y $\Pi_2 = (?v_2) [V(P \& A \vdash C) = v_2]$, por tanto: $G_1(v_1) = [V(P \vdash A \rightarrow C) = v_1]$, y $G_2(v_2) = [V(P \& A \vdash C) = v_2]$. Por definición de implicación, G_1 es equivalente al enunciado según el cual $P \rightarrow (A \rightarrow C)$ es lógicamente verdadero (tautológico); pero, por la ley de exportación, $P \rightarrow (A \rightarrow C)$ es equivalente a $P \& A \rightarrow C$. Por tanto, decir que $P \rightarrow (A \rightarrow C)$ es tautológico es lo mismo que decir que lo es $P \& A \rightarrow C$. Ahora bien: esto último es precisamente G_2 , q. e. d.

Por último, si G_2 puede deducirse de G_1 , o sea, si G_1 *implica* G_2 , diremos que Π_1 es *más general* (o *más fuerte*) que, o tan general (o tan fuerte) como Π_2 . En símbolos:

$$(\Pi_1 \geq \Pi_2) \leftrightarrow (G_1 \rightarrow G_2) \quad [4.8]$$

Por ejemplo, los problemas dinámicos son más fuertes que los correspondientes problemas cinemáticos, porque los generadores (y, por tanto, las soluciones) de los últimos pueden derivarse de los correspondientes generadores de los primeros. Es obvio que tenemos que preferir las preguntas más fuertes, ya que éstas posibilitarán las soluciones más fuertes.

La división de los problemas en problemas sobre individuos y problemas sobre funciones no se aplica más que a problemas elementales o *atómicos*. La Regla 4 permite el enunciado de problemas no elementales, o *moleculares*, los cuales pueden ser a la vez sobre individuos (por lo que hace a cierto conjunto de variables) y sobre funciones (por lo que hace a otro grupo de variables). Nuestra clasificación de formas problemáticas elementales atraviesa así otras divisiones propuestas en el curso de la historia. Las mejor conocidas son la de Aristóteles y la de Papo. Aristóteles distinguía entre problemas del *qué* o cuestiones de hecho, y problemas de *alternativa*, o cuestiones dialécticas. Pero desde un punto de vista lógico no hay diferencia entre el problema “¿Cuál es la distancia entre a y b ?”, que es una pregunta de hecho, y el problema “¿Implica a a b ?”, que es una pregunta dialéctica. Los dos son problemas sobre individuos. El primero pregunta cuál es el valor de la función $D(a, b)$, el último cuál es el valor de la función $V(a \rightarrow b)$, y en ambos casos se trata de una variable individual. La diferencia entre los dos problemas no es lógica,

sino metodológica: la respuesta a cada uno de esos problemas exige un método distinto. Papo distinguía entre problemas de construcción (por ejemplo: “Hallar la media de un conjunto de números dados”) y problemas referentes a las consecuencias lógicas de supuestos. Esta distinción ha sido reelaborada recientemente y difundida por G. Pólya, con los nombres de *problemas de hallar* y *problemas de demostrar*, respectivamente. Los primeros son un subconjunto de los que Aristóteles llamó problemas del *qué*, mientras que los problemas de demostrar se incluyen en sus cuestiones de alternativa, o dialécticas. Además, los problemas de demostrar son un subconjunto de los problemas de hallar, puesto que *demostrar un teorema consiste en hallar un conjunto de supuestos que impliquen el teorema dado*, y esto, según nuestra clasificación, es un problema sobre individuos. La diferencia entre unos y otros no es lógica ni metodológica, sino ontológica: la solución de un “problema de hallar” consiste en presentar un objeto que no sea un enunciado, mientras que los “problemas de demostrar” se refieren a enunciados y a sus relaciones lógicas.

Nuestra clasificación de los problemas elementales no concede tampoco ningún lugar especial a los *problemas de decisión*, esto es, problemas cuya solución es un simple “Sí” o un simple “No”. Los problemas de decisión son casos especiales de problemas sobre individuos, particularmente de los que se refieren a la determinación de valores veritativos. La cuestión ‘¿Es p verdadero?’ expresa un problema de decisión, igual que la pregunta “¿Pertenece c al conjunto T ?”, que no es más que un caso de la anterior, a saber, el caso en el cual p toma la forma “ $c \in T$ ”. La cuestión de si un problema dado es o no un problema de decisión no es una cuestión lógica sino metodológica: los medios disponibles y el objetivo considerado nos permitirán decidir acerca de si determinados problemas son cuestiones de sí-o-no. Tomemos, por ejemplo, el problema “¿Qué estatura tiene c ?”, siendo c un hombre determinado. Por rebuscada que sea la técnica de talla que elijamos, la pregunta inicial puede descomponerse en una secuencia finita, cada miembro de la cual es un problema de decisión de la forma: “¿Cae el punto más alto de la cabeza de c entre las señales n y $n + 1$ de nuestro tallímetro?” Cada mejoría en cuanto a precisión nos permitirá formular más preguntas de decisión y, por tanto, acercarnos más a la verdad (supuesta única), pero el error remanente de todo procedimiento de medición asegura que habrá un número finito de problemas de decisión. Esa finitud es, naturalmente, necesaria para que el procedimiento sea *efectivo*, es decir, realizable en un número determinado de pasos. La solución exacta del problema dado requeriría infinitos pasos y es, por tanto, inalcanzable.

La esperanza de todo científico empírico (y del que cultiva la matemática aplicada) es que, por complejo que sea, su problema podrá ser reducido a una *secuencia finita de problemas de decisión*. El logro de ese triunfo metodológico disimula en realidad una derrota epistemológica: un problema fuerte, como el de identificar un miembro de un conjunto infinito no numerable, se ha sustituido por un conjunto finito de problemas más débiles, como el de decidir si un determinado individuo pertenece a un conjunto dado. Pero aquí no hay elección: o emprendemos la resolución del problema débil o nos quedamos con el problema fuerte sin resolver.

Atendamos ahora al aspecto semántico de los problemas. La sujeción a las Reglas 1-4 es necesaria, pero no suficiente, para asegurar que se formulan preguntas determina-

das, esto es, preguntas con una sola respuesta (aunque acaso de varios miembros). Pues un problema puede estar bien formado, pero tener un fondo vagamente indicado, o tenerlo defectuoso. Por ejemplo, la pregunta “¿Es p verdadero?” está bien formada, pero al formularla presuponemos que p tiene o puede recibir un solo valor veritativo, lo cual no es en modo alguno obvio, porque p puede ser falso en un sistema y verdadero en otro. Análogamente, el problema “¿Cuál es el punto de fusión del azufre?”, presupone que el azufre tiene un solo punto de fusión, cualquiera que sea su forma cristalina, y eso es falso. Nunca puede plantearse una pregunta sin presuponer algo. El plantear mero presupone nuestra propia existencia, y el preguntar acerca del comportamiento de las cosas presupone por lo menos la posibilidad de la existencia de éstas y la posibilidad de que las conozcamos en alguna medida.

Como no hay pregunta sin un trasfondo, y como éste puede constar de falsedades, o de ideas debatibles, la aceptación ingenua de una pregunta sin examinar su trasfondo no tiene más valor que la aceptación ingenua de una respuesta sin examinar su fundamento. El planteamiento defectuoso de una cuestión —esto es, la formulación de una pregunta mal formada— puede impedir la investigación concreta, o incluso toda investigación, como ocurre en el caso de “¿Qué es el ser?”, pregunta que, lejos de ser análoga a la pregunta “¿Qué es el movimiento?”, es del tipo de “¿Qué tose la tos?” Pero la concepción defectuosa de una pregunta —es decir, el pensar una pregunta con un trasfondo errado o indeterminado— puede ser aún más confusionaria, porque puede lanzar la investigación por una vía estéril. Así, la pregunta “¿Cuál es la garantía de la verdad?” ha producido una especulación infinita y estéril al suponer que hay efectivamente una garantía de la verdad y que se trata sólo de descubrirla.

Afirmaremos las convenciones siguientes por lo que hace al trasfondo de los problemas. En primer lugar, la siguiente *Definición*: Un problema está *bien concebido* si y sólo si ninguno de sus presupuestos es una fórmula manifiestamente falsa o indecisa en el mismo contexto. Segunda *Definición*: Un problema está *bien formulado* (es consistente, adecuado) si y sólo si está *bien formado* (de acuerdo con las Reglas 1-4) y *bien concebido*. Con estas definiciones podemos formular nuestra última prescripción:

REGLA 5. Todo problema debe estar bien formulado.

Un problema bien formulado será determinado (bien definido): tendrá una solución única y, al tener explícitos todos los elementos relevantes, sugerirá por lo menos qué investigaciones pueden ser útiles para resolverlo. Pero sería ingenuo suponer que el mero respeto de las Reglas 1-5 vaya a garantizarnos que no planteamos más que cuestiones bien formuladas. Pues, por de pronto, siempre es difícil descubrir y examinar todos los presupuestos relevantes de un problema. Ni en una teoría formalizada se enumeran más presupuestos que los que su inventor ha descubierto como relevantes, y, salvo en casos triviales, la lista es casi seguramente incompleta; numerosos progresos se han conseguido al descubrir que una determinada fórmula era necesaria, o, por el contrario, superflua, en el trasfondo de una teoría. Consiguientemente, una pregunta aceptada *bona fide* como bien concebida, como significativa, puede resultar, tras un examen más detallado, mal concebida.

El rigor parecería exigir un examen de los presupuestos de cada presupuesto, y así hasta llegar –o no– a los presupuestos últimos. Esto es posible, en principio al menos, en la ciencia formal: en ésta podemos cavar hasta llegar a la teoría de conjuntos y los supuestos iniciales de la misma. Pero en la ciencia fáctica sigue sin saberse si existe alguna teoría básica, aunque corrientemente se cree que tiene que ser la mecánica. Sólo que nadie sabe qué teoría de la mecánica, si la clásica, de la que se sabe que sólo es parcialmente verdadera, o la mecánica relativista, que no es independiente de la teoría electromagnética, o la mecánica cuántica, que incluye la clásica. En la ciencia factual es posible que el esquema sea una red en vez de una línea, y en cualquier caso resulta prematuro legislar al respecto. Lo que tenemos que asegurar es el *derecho* de ir tan lejos cuanto se considere necesario en cada caso. Dicho negativamente: tenemos que negarnos a reconocer que existen axiomas fácticos últimos e inamovibles. Los presupuestos deben considerarse relativos: lo que en un determinado contexto es un enunciado fuera de cuestión, puede ser objeto de investigación –y, consiguientemente, de corrección o hasta recusación– en otro contexto u otro ulterior estadio de desarrollo de la ciencia.

El darnos cuenta de la condición mutable de los presupuestos puede ayudarnos a entender la relatividad de los caracteres de bien concebido y significatividad de las preguntas. No hay preguntas que sean *intrínsecamente* bien concebidas o significativas: una cuestión está bien concebida, como se ha dicho, si y sólo si su trasfondo en el mismo contexto es coherente. Por tanto, si aceptamos los presupuestos de una pregunta tenemos que admitir que esta misma está bien concebida; y no en otro caso. Así, por ejemplo, dentro de los límites del operativismo estricto (sec. 3.6), la pregunta sobre la temperatura del espacio interestelar carece de sentido, porque no hay operación alguna que pueda suministrar una respuesta: la colocación de un instrumento de medición y un dispositivo registrador (un hombre, por ejemplo), terminaría con las condiciones del vacío. Pero esa misma cuestión tiene sentido para el realista (y, cosa más importante, para los astronautas), porque el realista no presupone que existir sea medir y ser medido.

Si se cambia el contexto puede cambiar también la significatividad de una pregunta. Ahora bien: puesto que el contexto –o sea, el conjunto de teorías científicas y filosóficas relevantes para el problema– está cambiando constantemente, sería imprudente rechazar ciertas cuestiones –por ejemplo, las que no nos gustan– considerándolas intrínseca y eternamente sin sentido. Es más sabio adoptar una actitud modesta y reconocer que el problema no nos interesa o que, aunque interesante, es *prematuro*, o sea, que no se han construido aún los instrumentos adecuados para su manejo.

Las tendencias limitadoras de la investigación y, simultáneamente, las polémicas estériles sobre *ismos* pueden evitarse adoptando esta otra estrategia más modesta que no mata los problemas interesantes, pero remite su tratamiento al momento en el cual se disponga de los necesarios instrumentos teóricos. Los primeros reflexólogos y behavioristas no habrían merecido los reproches de los psicólogos de orientación tradicional si, en vez de despreciar por sin-sentido (“metafísicas”) todas las preguntas relativas a las funciones superiores del sistema nervioso, como la consciencia y el conocimiento, hubieran aclarado que su conductismo no era ontológico, sino metodológico: que partían del estudio de los problemas más simples de la psicología animal no porque no existieran más problemas que éstos, sino porque había que resolver éstos antes de poder plantear

siquiera los problemas, mucho más complicados, de la mente humana. La pseudociencia y la anticencia no arraigan sólo en la ignorancia y en el intento deliberado de suprimir la ilustración, sino también en la deliberada recusación por los científicos de problemas perfectamente legítimos, aunque tal vez aún prematuros.

En todo caso, hay preguntas formalmente simples, en el sentido de que son elementales o atómicas (esto es, que no contienen más que una sola incógnita), pero no hay cuestiones semánticamente simples: toda pregunta tiene un determinado cuerpo de presupuestos. La pregunta-paradoja “¿Ha dejado usted ya de pegar a su mujer?” no debe ser eliminada por ser compleja, sino por tener un presupuesto que puede ser falso. Lo importante no es eliminar los presupuestos —cosa imposible— sino tenerlos bajo control, o sea, someterlos a examen crítico en cuanto que aparecen soluciones erradas. Y como es la pregunta la que origina la investigación, concluiremos que ninguna investigación puede partir de la nada: no hay investigación sin presupuestos, puesto que no la hay sin pregunta previa. Pero con esto llegamos ya a la metodología del planteamiento de problemas.

Problemas

4.2.1. Simbolizar las siguientes preguntas y situarlas en la clasificación.

1. ¿Cuál es el cuadrado de x ?
2. ¿Cuál es el número tal que, sumado a cualquier número dado, da este mismo número?
3. ¿Cómo se relaciona a con b ?
4. ¿Para qué sirve c ?
5. ¿Adónde va usted?
6. ¿Qué hace usted?
7. ¿Cuál es la función f tal que, para todo x y para todo y , $f(x \cdot y) = f(x) + f(y)$?
8. ¿Se sigue el teorema t de los supuestos A ?
9. ¿Confirma la evidencia e la hipótesis h ?
10. ¿Resuelve la solución $G(c)$ el problema $\Pi(v)$?

4.2.2. Intentar simbolizar las siguientes preguntas y averiguar si están bien formadas.

1. ¿Qué hace el hacer?
2. ¿Cómo deviene el devenir?
3. ¿Existo?
4. ¿Dónde está ningún sitio?
5. ¿Cuál es el ser de la nada?

4.2.3. Formular tres preguntas que no tengan respuesta única, y completarlas luego añadiendo las variables y constantes que falten. *Problema en lugar de ése*: En qué difiere el problema “¿Qué estoy viendo?” del problema “¿Qué hay en el lugar x al tiempo t ?”

4.2.4. Algunos criminalistas han preguntado: “¿Por qué es la criminalidad más elevada en las clases bajas que en las clases altas?” ¿Qué presupone esta cuestión? ¿Y qué habría que hacer antes de intentar contestarla? Cf. R. K. Merton, *Social Theory and Social Structure*, 2a. ed., Glencoe, Ill., The Free Press, 1957, p. 90. *Problema en lugar del anterior*: Los problemas disyuntivos son de dos clases: dicotómicos (p. ej., “¿Par o impar?”) y no dicotómicos (p. ej., “¿Innato o aprendido?”). Estudiar la confusión producida al tomar los segundos por los primeros. Véase D. O. Hebb, *A Textbook of Psychology*, Philadelphia, Saunders, 1966, cap. 7.

4.2.5. Explicitar los presupuestos de las siguientes preguntas:

1. ¿Dónde está c ?
2. ¿Cuándo ocurrió c ?
3. ¿Que es c ?
4. ¿Qué hay de nuevo?
5. ¿Cuáles son los constituyentes últimos de la materia?

Problema en lugar de ése: Examinar el modo cómo K. R. Popper, en *Conjectures and Refutations*, Nueva York, Basic Books. 1963, pp. 21-27, trata la pregunta ‘¿Cómo lo sabe usted?’

4.2.6. ¿Qué es incorrecto –si hay algo que lo sea– en la pregunta siguiente?: “¿Por qué hay algo y no más bien nada?” o, equivalentemente, “¿Por qué ente, y no más bien la nada?” Indicación: averiguar si se trata de una pregunta radical o de una pregunta que ya presupone algo. *Problema en lugar de anterior:* Demostrar el teorema: $(\Pi_1 \geq \Pi_2) \leftrightarrow (G_1 \rightarrow G_2)$.

4.2.7. Examinar el criterio de sentido (de concepción correcta) de preguntas propuesto por P. W. Bridgman en *The Logic of Modern Physics*, Nueva York, Macmillan. 1927, p. 28: “Si una pregunta determinada posee sentido, tiene que ser posible hallar operaciones que permitan darle una respuesta.” Algunas de las cuestiones consideradas operativamente sin sentidos son (*op. cit.*, pp. 30-31): “¿Hubo un tiempo en el cual no existió la materia?”, “¿Puede ser limitado el espacio?”, “¿Por qué obedece la naturaleza a leyes?” ¿Son estas preguntas sin sentido en absoluto, o sea, están mal concebidas para todo contexto posible? *Problema en lugar de ése:* Analizar el concepto de versión simplificada de un problema.

4.2.8. Considerar la pregunta: “¿Qué aspecto tendría el universo si él en su conjunto y cada cosa en él, incluidos nuestros metros, duplicaran su tamaño de la noche a la mañana? ¿Debe considerarse como un problema bien formado y bien concebido? Si tal es el caso, ¿es correcta alguna de las respuestas siguientes? (i) No podríamos saber cuál sería el aspecto del mundo, porque la pregunta implica una suposición no sometible a contrastación. (ii) El universo sería exactamente igual que ahora. (iii) No hay razón alguna para suponer que un tal acontecimiento es posible, por no hablar ya de la posibilidad de someter el supuesto a contrastación. *Problema en lugar de ése:* Dilucidar los conceptos de problema directo y problema inverso. En particular, averiguar si el ser directo (o inverso) es una propiedad lógica de un problema, esto es, una propiedad independiente de su génesis. Indicación: empezar por examinar casos simplés, como el par: $(?x)R(x, b)$, $(?y)R(a, y)$.

4.2.9. Considerar la clase de preguntas ejemplificada por: “¿Qué ocurriría si los hombres consiguieran ser inmortales?” y “¿Qué ocurriría si la materia se destruyera (o creara) a una tasa dada?” Estas preguntas, que implican el supuesto de que puedan dejar de obrar una o más leyes fundamentales de la naturaleza, o que los correspondientes enunciados legaliformes puedan resultar probadamente falsos un día, pueden llamarse *preguntas contralegales*. ¿Cuál es la función, si es que tienen alguna, de estas preguntas contralegales? (i) ¿Dar trabajo a los filósofos y divertir a la gente? (ii) ¿Aclarar hipótesis y teorías? (iii) ¿Someter hipótesis y teorías a contrastación? *Problema en lugar de ése:* Considerar la pregunta “¿Cómo se comporta un átomo cuando está abandonado a sí mismo, es decir, cuando no está sometido a observación?” ¿Tiene esa pregunta sentido para un subjetivista (por ejemplo, para un operativista)? ¿Se formula realmente en física esa pregunta?

4.2.10. Si queremos seguir a un electrón en su trayectoria tenemos que interferir con él, por ejemplo, proyectando sobre él rayos gamma, o interrumpiendo su movimiento con pantallas provistas de pequeños orificios. Pero entonces perturbamos el movimiento del electrón, y, consiguientemente, no podemos dar respuesta a la pregunta inicial, que era: “¿Cuál es la trayectoria no perturbada del electrón?” La solución que suele darse habitualmente a esta situación paradójica es la siguiente: “La pregunta inicial es un sin-sentido (está mal concebida), porque presupone que el electrón tiene una posición determinada en cada momento, lo cual es una hipótesis sin garantía que produce la dificultad”. ¿Podría cobrar sentido la pregunta inicial en otro contexto

teorético, y podría recibir tratamiento experimental con ayuda de medios más finos, menos brutales que los hoy disponibles? ¿O debe recusarse el problema para siempre?

4.3. PROBLEMAS CIENTÍFICOS

No todo problema, como es obvio, es un problema científico: los *problemas científicos* son exclusivamente aquellos que se plantean sobre un trasfondo científico y se estudian con medios científicos y con el objetivo primario de incrementar nuestro conocimiento. Si el objetivo de la investigación es práctico más que teórico, pero el trasfondo y los instrumentos son científicos, entonces el problema lo es de ciencia aplicada o tecnología, y no de ciencia pura (cf. 1.5). Sin embargo, no es una línea rígida la que separa los problemas científicos de los tecnológicos, pues un mismo problema, planteado y resuelto con cualesquiera fines, puede dar una solución que tenga ambos valores, el cognoscitivo y el práctico. Así, por ejemplo, los estudios de ecología y etología de los roedores pueden tener a la vez valor científico y valor práctico para la agricultura y la medicina.

La clase de los problemas científicos –que es ella misma una subclase de los problemas de conocimiento– puede analizarse de varios modos. Aquí se adoptará la siguiente dicotomía:

$$\text{Problemas científicos} \begin{cases} \text{Sustantivos o de objeto (Ej.: ¿Cuántos } A \text{ existen?)} \\ \text{De estrategia o procedimientos (Ej.: ¿Cómo } \textit{contaremos} \text{ los } A\text{?) } \end{cases}$$

Mientras que los problemas de objeto se refieren a las cosas, los de procedimiento se refieren a nuestros modos de conseguir noticias de las cosas, y a nuestro conocimiento en general. Los problemas sustantivos pueden subdividirse a su vez en problemas empíricos y conceptuales, y los de estrategia en problemas metodológicos y valorativos o de estimación. La resolución de los problemas empíricos exige operaciones empíricas, además del ejercicio del pensamiento, mientras que los problemas conceptuales son objeto sólo de trabajo cerebral, aunque pueden requerir conceptualizaciones de operaciones empíricas y de datos. Los problemas metodológicos y valorativos son unos y otros conceptuales por lo que hace al modo de plantearlos y resolverlos; difieren en que, mientras que las soluciones a problemas valorativos son juicios de valor, las soluciones a problemas metodológicos están libres de valoración. Las tablas 4.2 y 4.3 exponen algunas de las especies más importantes de los cuatro géneros de problemas:

TABLA 4.2. PROBLEMAS SUSTANTIVOS

1. PROBLEMAS EMPÍRICOS

1.1. *Hallazgo de datos*: caracterización de objetos de experiencia

1.1.1. Observación

1.1.2. Enumeración

- 1.1.3. Medición
- 1.2. *Fabricación* de instrumentos, su calibración, preparación de drogas, etcétera.
2. PROBLEMAS CONCEPTUALES
 - 2.1. *Descripción*: caracterización de individuos y clases
 - 2.2. *Ordenación*: clasificación y ordenación de conjuntos
 - 2.3. *Dilucidación*: interpretación de signos y afinamiento de conceptos
 - 2.4. *Deducción*:
 - 2.4.1. Cómputo (p. ej., hallar el valor de una variable)
 - 2.4.2. Demostración de teoremas
 - 2.4.3. Comprobación de soluciones
 - 2.4.4. Explicación: dar razón de hechos y de generalizaciones empíricas con base en teorías
 - 2.4.5. Proyección: predicción o retrodicción de hechos
 - 2.5. *Construcción*: invención de ideas
 - 2.5.1. Introducción de nuevos conceptos
 - 2.5.2. Introducción de generalizaciones empíricas
 - 2.5.3. Introducción de hipótesis de nivel superior que subsuman generalizaciones empíricas
 - 2.5.4. Construcción de sistemas de hipótesis de nivel alto (teorías)
 - 2.5.5. Reconstrucción de teorías (investigación de fundamentos, o básica)
 - 2.6. *Metalógica*: descubrimiento y eliminación de inconsistencias, demostraciones de consistencia e independencia, etcétera.

TABLA 4.3. PROBLEMAS DE ESTRATEGIA

1. METODOLÓGICOS
 - 1.1. *Convenciones*: establecimiento de reglas de designación. escalas de medición, unidades de medición, niveles de relevancia, etcétera
 - 1.2. *Técnicas*: arbitrio de tácticas para examinar problemas, observar, medir, etcétera
 - 1.3. *Disposición de experimentos*: preparación de experimentos
 - 1.4. *Disposición de teorías*: preparación de la construcción de teorías
 - 1.5. *Examen de métodos*: examen y crítica de todo lo anterior
2. VALORATIVOS
 - 2.1. *Estimación de datos*, hipótesis, teorías, técnicas y equipo material con base en los objetivos dados
 - 2.2. *Estimación fundamental*: examen de los objetivos mismos.

Por definición, no se presentan en la ciencia formal problemas empíricos; y cuando un problema de la ciencia formal se traduce por un problema factual análogo, la solución a este último tiene que retraducirse inversamente al contexto inicial. Los problemas empíricos se mezclan con problemas conceptuales; no se caracterizan por una falta total de consideraciones teóricas en su planteamiento y manejo, sino por la presencia de operaciones empíricas en el curso de su resolución. En cambio, los problemas conceptuales no requieren operaciones empíricas sino, a lo sumo, ideas sugeridas por éstas. Por lo que

hace a los problemas metodológicos, éstos son de particular importancia en las ciencias más jóvenes; por ejemplo el interés por tales problemas que existe en la sociología contemporánea es comparable al interés por tales problemas que acompañó a la naciente física moderna hacia fines del siglo xvii. En ambos casos se descubrió que el planteamiento tradicional era erróneo y se buscaron métodos completamente nuevos. Por último, la inclusión de problemas de valoración en la ciencia puede hacer que se frunzan muchos ceños filosóficos, a causa de la arraigada dicotomía hecho-valor. Se dirá: ¿No es acaso un hecho que la ciencia moderna no ha podido empezar hasta que la naturaleza quedó liberada de valores y de otros atributos antropomórficos? Y sí, es un hecho; pero es un hecho irrelevante: la naturaleza está limpia de valores, pero la ciencia natural no se ocupa sólo de problemas sustantivos, sino también de la invención y los modos analíticos de manejar tales problemas, trabajo en el cual se formulan juicios de valor. Cada vez que un experimentador se encuentra con el problema de elegir entre diferentes equipos materiales para un determinado fin, estimará de un modo u otro factores como el alcance, la precisión, la flexibilidad de uso, la seguridad y el coste de los diversos equipos, con el fin de formularse un juicio de valor global; análogamente, el teórico comparará las varias hipótesis concurrentes y las teorías también desde el punto de vista de su alcance en extensión, su profundidad, el apoyo que reciben de otros campos de investigación, y hasta desde el de la elegancia formal. Toda decisión se basa en un conjunto de juicios de valor, y en la investigación científica se están tomando constantemente decisiones, aunque éstas no se presenten explícitamente en el resultado, el cuerpo de conocimiento sustantivo.

La agrupación de problemas esbozada en las tablas 4.2 y 4.3 no es enteramente adecuada como división a causa de que la mayoría de los problemas científicos “enteros” son lo suficientemente ricos como para caer simultáneamente bajo las cuatro categorías a la vez. Por eso “empírico”, “conceptual”, “metodológico” y “valorativo” no deben entenderse como características que se excluyan recíprocamente, sino más bien como propiedades que pasan alternativamente a primer plano en el curso de la investigación. Así, por ejemplo, el problema consistente en averiguar el efecto de una determinada droga sobre el sistema nervioso puede descomponerse en las siguientes tareas: (i) el problema metodológico de arbitrar los experimentos adecuados y elegir el nivel de relevancia de las correlaciones halladas con la ayuda de experimentos; (ii) el problema empírico de confeccionar la droga –o el medicamento– o de purificarla, administrarla y registrar sus efectos; (iii) el problema conceptual de interpretación de los datos y formulación de hipótesis acerca del modo de acción de la droga (p. ej., mecanismos de reacción activos en el organismo); y (iv) el problema valorativo consistente en averiguar si la droga en cuestión es mejor o peor, respecto de ciertos fines, que las otras propuestas.

Nuestra lista no agota tampoco los problemas que se presentan en la investigación científica, varios de los cuales no son propiamente científicos. Problemas de presupuesto, de suministro, de división del trabajo, de entrenamiento e integración del equipo o colectivo de científicos, etc., son susceptibles de planteamiento científico, con lo que ellos mismos se convierten en problemas científicos: a medida que la investigación va convirtiéndose en una rama importante de la producción, los problemas de su administración y dirección tienden a plantearse con la ayuda de la investigación operativa, la psicología social, etc. Pero por lo común esos problemas siguen aún tratándose a un nivel pre-cien-

tífico, a causa de la influencia de la tradición y a causa también de que las teorías de la acción no están lo suficientemente desarrolladas para que se imponga su aplicación.

Tras haber hablado de la taxonomía de los problemas científicos podemos interesarnos ahora por su filogénesis. Los problemas científicos no nacen en el vacío, sino en el humus de un cuerpo de conocimiento preexistente constituido por datos, generalizaciones empíricas, teorías y técnicas. Si se siente el deseo de averiguar, digamos, la fórmula química exacta del óxido de platino, ello se debe a que conocemos o sospechamos la existencia de ese óxido y, además, (i) algunas de las propiedades del óxido de platino (datos), (ii) algo acerca de las leyes de los enlaces químicos (teoría), y (iii) ciertos procedimientos empíricos como el análisis por rayos X (técnicas). En cambio, el que pregunta ‘¿Cuál es el sentido de la vida?’ o ‘¿Cuál es el sentido de la historia?’, podrá proceder sin datos, teorías ni técnicas, porque está planteándose cuestiones indeterminadas, aunque no sea más que por la ambigüedad de los términos ‘sentido’, ‘vida’ e ‘historia’.

La mera selección de problemas está ya determinada por el estado del conocimiento —particularmente, por sus lagunas—, por nuestros fines y por nuestras posibilidades metodológicas. Cuando el conocimiento que hace de trasfondo es escaso, los problemas importantes no pueden formularse sino vagamente y, por tanto, es difícil que se resuelvan. (Por eso no puede sorprendernos que las ciencias del hombre estén aún manejando problemas relativamente modestos y dejando por el momento las cuestiones más profundas en manos de los pseudocientíficos: los científicos no disponen aún del marco adecuado —las teorías— en el cual puedan plantearse correctamente esos problemas profundos.) Consideremos, por ejemplo, la cuestión de si un caballo puede convertirse en un animal trepador: esa pregunta no puede ni siquiera plantearse fuera del contexto de una teoría de la evolución. O tomemos la pregunta que se formuló Einstein de joven y que dio origen a su teoría general de la relatividad: ¿Por qué la aceleración de un cuerpo inmerso en un campo gravitatorio no depende de la masa de ese cuerpo? La pregunta de Einstein habría sido estrictamente un sin-sentido para Newton, por ejemplo: era imposible formularla antes de que se constituyeran las teorías clásicas de la gravitación y de la electrodinámica. Toda teoría delimita el conjunto de los problemas que pueden formularse.

Además, los problemas no “surgen”, no son impersonalmente “dados” al investigador: sino que el científico individual, con su acervo de conocimiento, su curiosidad, su visión, sus estímulos y sus tendencias, registra el problema o incluso lo busca. Por tanto, la idea de que toda rama de la ciencia tiene su propio y permanente equipo conceptual es errónea: en la ciencia, como en el *catch-as-catch-can*, cada cual se sirve de lo que puede. Si todos los biólogos aprendieran teoría de conjuntos, teoría de relaciones, teoría de retículos, ecuaciones diferenciales e integrales, utilizarían todo eso simplemente porque se les ocurrirían nuevos problemas biológicos que requirieran esos instrumentos de formulación, o bien los utilizarían para formular con más precisión y resolver los problemas habituales. Análogamente, si el psicólogo que estudia la formación y la evolución de los conceptos básicos en el niño estuviera más familiarizado de lo que suele estarlo con conceptos que no fueran estrictamente los de clase, seguramente prestaría más atención a la ontogénesis de los conceptos relacionales y cuantitativos. Hasta los físicos se beneficiarían de un cierto entrenamiento en lógica pura: no hablarían entonces de definiciones operativas u operacionales, no intentarían encontrar los conceptos básicos (primitivos)

precisamente entre los que se refieren a rasgos observables, y no creerían que la única y definitiva forma de contrastar positivamente las teorías es la predicción con éxito.

La simple curiosidad no engendra problemas: rara vez nos planteamos problemas para cuyo tratamiento carezcamos de todo procedimiento adecuado. Y cuando carecemos de ellos pero notamos al mismo tiempo que el problema es importante, nos planteamos en seguida el problema ulterior de arbitrar nuevos métodos, problema que es metodológico, no sustantivo. Esto es lo que hizo Pavlov al enfrentarse con el problema de hallar una ciencia objetiva del comportamiento; es también lo que hizo Aston cuando tropezó con la imposibilidad de separar isótopos con las técnicas (químicas) de análisis de que disponía. Como es natural, ni Pavlov ni Aston habrían formulado sus respectivos problemas si no hubieran sabido que los procedimientos entonces disponibles eran inadecuados, ni tampoco si no hubieran tenido la esperanza de hallar otros nuevos.

Pero tampoco basta con tener una técnica para la resolución del problema: tenemos que poseer también un conjunto de datos. En el caso ideal se tratará del conjunto necesario y suficiente de elementos de información. En la investigación real lo más frecuente es que nos encontremos en alguno de estos otros casos: (i) *demasiado pocos datos*, lo cual exige complementar la información o buscar una solución aproximada; (ii) *demasiados datos*: un gran número de elementos de información, en parte irrelevantes, en parte en bruto o sin digerir por la teoría, y sólo en parte adecuados; esto exige entonces una previa selección y condensación de datos a la luz de nuevas hipótesis o teorías.

La posesión de un acervo de datos, técnicas y teorías es pues necesaria para plantear y atacar un problema científico. Pero no es suficiente. Tenemos que estar razonablemente seguros de que seremos capaces de *reconocer la solución* una vez que la hayamos encontrado. Además, tenemos que estipular por anticipado: (i) qué *clase de solución* va a considerarse adecuada y (ii) qué *clase de comprobación* de la solución propuesta se considerará satisfactoria. De no ser así podremos perdernos en una investigación estéril o una discusión sin fin. Por ejemplo: si uno se plantea el problema consistente en aclarar el mecanismo por el cual se produce la materia viva, y ello con la intención de refutar el vitalismo, los dos contendientes tendrán que ponerse antes de acuerdo (i) acerca de si lo que se considerará necesario y suficiente será la síntesis de un virus o la de un organismo del orden de magnitud de la ballena; y (ii) acerca de la clase de propiedades que tiene que poseer el organismo artificial para ser considerado como un ser vivo.

Además de estipular por anticipado cuál tiene que ser el aspecto de la solución, con objeto de poder reconocerla como tal cuando se consiga, tenemos que plantearnos el problema de la *existencia* y la *unicidad* de la solución antes de intentar resolver el problema inicial. En la matemática pura y en las ciencias que utilizan la matemática, esas cuestiones previas están normadas: la existencia de la solución y su carácter único se demuestran, o bien se demuestra que no existe solución, o que, si existe, no es única. (En la práctica, se procede con la esperanza de que exista una solución única, y no se intenta demostrarlo hasta que se presentan dificultades; pero en todo caso se reconoce que las demostraciones de existencia y de unicidad son lógicamente anteriores a los intentos de resolver el problema.) Como es natural, la demostración de que existe una solución no garantiza que se la vaya a encontrar: muchas veces por falta de métodos adecuados, no podemos pasar de una solución aproximada. La importancia de asegurar la existencia de

una solución única (aunque acaso de varios miembros) es tan clara como la del asegurar la existencia de solución en general. Sólo las soluciones únicas pueden usarse para dar explicaciones no ambiguas del comportamiento de las cosas: piénsese en un campo de fuerzas descrito por una función que tenga más de un valor para cada punto del espacio (función multivalorada). Los teoremas de existencia y de unicidad especifican en qué condiciones existe una solución y/o si esa solución es única; estas condiciones pueden no pertenecer al conjunto de los datos iniciales: pueden tener que obtenerse de la teoría en la cual se inserta el problema.

Podemos ahora resumir las condiciones, necesarias y suficientes, para que un problema pueda considerarse como un *problema científico bien formulado*: (i) tiene que ser accesible un cuerpo de conocimiento científico (datos, teorías, técnicas) en el cual pueda insertarse el problema, de tal modo que sea posible tratarlo: los problemas enteramente sueltos no son científicos; (ii) el problema tiene que estar bien formulado en el sentido de las exigencias formales expuestas en la sec. 4.2; (iii) el problema tiene que estar bien concebido en el sentido de que su trasfondo y, en particular, sus presupuestos, no sean ni falsos ni por decidir; (iv) el problema tiene que estar delimitado: un planteamiento que no sea progresivo, paso a paso, no es científico; (v) hay que hallar las condiciones de existencia y unicidad de la solución; (vi) hay que formular anticipadamente estipulaciones acerca del tipo de solución y el tipo de comprobación de la misma que resultarían aceptables. El respeto de estas condiciones no garantiza el éxito, pero sí ahorra pérdidas de tiempo.

Estas condiciones son necesarias y suficientes para que un problema sea un problema científico bien formulado. Pero hay problemas de ese tipo que resultan vacíos o irrelevantes, mientras que problemas mal formulados pueden ser de mucho interés. Para que la investigación científica sea fecunda, hay que añadir una condición muy importante de orden psicológico, a saber, que el problema sea interesante para alguien que esté bien equipado para estudiarlo. La investigación científica, al igual que el arte o que la política, exige pasión para que sea fecunda. Es claro que no hay recetas para enamorarse de problemas, aparte de la de ocuparse de ello. Y eso requiere una familiaridad previa con las motivaciones científicas (cognoscitivas, no personales) del problema, las cuales se hallan examinando el planteamiento. Ahora bien: la familiaridad con el planteamiento de problemas y el desarrollo de una sensibilidad al respecto dependen tanto de las tendencias del individuo cuanto del estado de la ciencia por la cual se interesa. Y este estado se caracteriza no sólo por los logros ya conseguidos, sino también por las tendencias, características y modas del momento. Porque efectivamente hay modas en la ciencia, igual que en cualquier otra rama de la cultura.

El comportamiento instintivo, como la nidación y la migración de las aves, el tejido de telas por las arañas y las formas de comunicación de las abejas, han sido temas favoritos de la biología (más precisamente: de la etología) durante la segunda mitad del siglo pasado, y, en cambio, llegaron a ser casi desprestigiadores hacia fines de la década de 1930. Volvieron a ponerse de moda, o a ser respetables, esos temas después de la segunda guerra mundial, y ello por sus buenas razones. La anterior investigación había sido exclusivamente descriptiva, ajena a la teoría: ésa era una razón para despreciarla. Pero con el desarrollo de la ciencia del control y la comunicación resultaron posibles plantea-

mientos más profundos; también podían seguirse mejor ahora las relaciones entre genotipo y comportamiento; por último, era evidente que la etología tenía un gran interés para las nuevas ciencias psicológica y sociológica. Había pues motivos razonables para que resucitara el interés por el comportamiento instintivo. Pese a lo cual puede de todos modos registrarse un pequeño elemento de superficialidad dictada por la moda en esa resurrección del tema: la mayoría de la gente gusta de estar al día, no sólo en cuanto a conocimiento y planteamiento, sino también respecto de los temas mismos; esto no es ya nada razonable, pues los temas son esencialmente sistemas problemáticos, y los problemas deben apagararse en la medida en que se resuelven, no porque se dejen a un lado.

El darse cuenta de que la selección de problemas está parcialmente determinada por el clima intelectual del momento, y que ese clima incluye un elemento de mera moda, es importante para evitar la subestimación y, consiguientemente, la falta de apoyo de que puede sufrir una investigación seria pero que no esté de moda; sólo investigadores ya muy reputados pueden permitirse el trabajo en una investigación así. El valor de los problemas no depende de los muchos o pocos que los cuiden en un momento dado, sino de los cambios que su estudio podría imponer a nuestro cuerpo de conocimientos.

Supongamos, por último, que hemos tropezado con un problema científico bien formulado que resulta además interesarnos: ¿podemos averiguar si será un problema *fecundo* en vez de un mero pasatiempo agradable? No se conocen condiciones necesarias que garanticen la fecundidad de un problema, ni, por tanto, de su investigación. Pero todo problema científico, si se lo estudia seriamente, dará algún fruto antes o después, porque los problemas científicos son por definición *sistémicos*: se presentan o pueden introducirse en un sistema, y ya esto garantiza que su investigación tendrá algún efecto. Las cuestiones sueltas reciben soluciones también sueltas que no llevan a ninguna parte; pero si se da un paso en algún punto de una línea de investigación, puede ser que se mueva hacia adelante toda esta línea, o sea, que puedan plantearse nuevos problemas. Por eso una organización inteligente de la ciencia, lejos de exigir resultados inmediatos, impulsará la investigación de *todo* problema científico bien formulado que haya surgido en la imaginación de un investigador competente. O sea, la organización de la ciencia, si es inteligente, asegurará la libertad de investigación, la cual es en gran medida, como veremos pronto, libertad de planear.

Problemas

4.3.1. Indicar un problema científico concreto de cada una de las siguientes clases: empírico, conceptual, metodológico.

4.3.2. Identificar el tipo de problemas a que pertenece cada miembro de la secuencia siguiente. (i) ¿Cómo es posible exterminar una determinada especie de insectos? (ii) ¿Qué sustancia tóxica afecta más a la especie dada? (iii) ¿Cómo pueden producirse masivamente y a bajo precio los productos químicos, y cómo pueden manipularse sin peligro, para exterminar la especie considerada? (iv) ¿Cómo puede evitarse la destrucción de especies útiles con el uso del insecticida? (v) ¿Cómo quedará alterado el equilibrio ecológico por la destrucción de la especie dada?

4.3.3. Proponer ejemplos de problemas básicos o de fundamentos, esto es, de problemas que requieren el examen crítico o incluso la introducción de supuestos básicos, más que su aplicación.

4.3.4. Supongamos que se nos encarga la tarea de hallar al Abominable Hombre de las Nieves, ese gigante peludo y de aspecto humano del que se dice que discurre descalzo por las nevadas alturas del Himalaya. ¿Será éste un problema que cumpla todas las condiciones formuladas al final de esta sección?

4.3.5. Considérese el problema consistente en buscar señales que provengan de seres inteligentes extraterrestres. ¿Qué tipo de señal consideraríamos portadora de información significativa, mucho antes de haber sido capaces de averiguar su código o cifrado? Cf. S. von Hoerner, *Science*, 134, 1839, 1961, o A. G. W. Cameron (ed.), *Interstellar Communication*, Nueva York, W. S. Benjamin, 1963.

4.3.6. ¿Podría formularse razonablemente la pregunta de si existe el mundo entero? ¿Es propiamente un problema científico la pregunta de si el universo existe o no existe? Cf. S. Hook, "Pragmatism and Existenz-Philosophie", en S. Uyeda (ed.), *Basis of the Contemporary Philosophy*, Tokyo, Waseda University, 1960, p. 401.

4.3.7. Decidir si son posibles las siguientes combinaciones de predicados referidas a problemas científicos: mal formulado e importante bien formulado y trivial, aislado y fecundo, de moda y profundo.

4.3.8. Dar unos cuantos ejemplos de sistemas de problemas en otro tiempo suscitadores de interés y hoy injustamente despreciados. *Problema en lugar de ése*: La geometría era tan distinguida hasta mediados del siglo XIX que los franceses llamaban *geometre* al matemático; pero durante este siglo dejó de estar de moda. ¿Por qué? La física del estado sólido fue despreciada hasta 1950 aproximadamente, y ahora está de moda. ¿Por qué? La teoría de la evolución fue eliminada por la genética, hasta que en los últimos años de la cuarta década de este siglo se reanimó el interés por ella. ¿Por qué?

4.3.9. Puesto que los problemas científicos se formulan sobre la base de algún trasfondo de conocimiento científico, y puesto que este último crece exponencialmente, ¿qué puede pensarse respecto del número de problemas científicos con que habrá que enfrentarse en el futuro? ¿Aumentará o disminuirá al incrementarse nuestro conocimiento?

4.3.10. Estudiar el efecto que tienen los siguientes factores en la selección de los problemas científicos: (i) preferencias de los gobiernos y de las empresas privadas por una investigación segura; (ii) presiones para producir resultados prácticos (por ejemplo, de valor comercial o militar); (iii) la lucha por becas y financiaciones, que produce prisa por obtener resultados "concretos"; (iv) gran uso de las calculadoras. Especular acerca del futuro de la ciencia si no se pone freno a tiempo a la acción de esos factores.

4.4. UN PARADIGMA. UN MARCO Y UNA COMPARACIÓN

A diferencia de los no científicos, los problemas científicos son miembros de *sistemas problemáticos*, o sea, constituyen conjuntos de problemas lógicamente interrelacionados. Un sistema problemático es un conjunto *parcialmente ordenado* de problemas, esto es, una secuencia ramificada de problemas dispuestos en orden de prioridad lógica. El descubrimiento y la modificación de esa ordenación parcial de los problemas es una parte de la *estrategia de la investigación*, y hay que esbozarla, aunque sea esquemáticamente, para que la investigación no sea casual, lo que la haría estéril o casi estéril.

Los problemas *de rutina* son los que pueden tratarse con estrategias ya fijadas, porque no se presentan grandes novedades en el curso de su investigación. Los problemas

de investigación, por su parte, exigen estrategias varias: la ordenación (parcial) de los problemas puede tener que alterarse en el curso de la investigación más de una vez, a medida que los resultados arrojan nueva luz sobre los problemas iniciales, y a medida que se presentan nuevos problemas que no habían sido previstos cuando se planeó la estrategia inicial.

La necesidad de cambiar de plan corrobora, en vez de refutar, la tesis de que la investigación científica es investigación planeada, aunque sea sólo parcialmente y a pequeña escala: no podría ser de otro modo, puesto que la investigación consiste en manejar conjuntos (sistemas) parcialmente ordenados de problemas. La libertad de la investigación científica no consiste en una ausencia de orientación o programa, sino en la libertad de elegir sistemas problemáticos, planteamientos, métodos y soluciones sin más objetivo que la consecución de la verdad. La investigación no es libre cuando carece de plan, sino cuando son los mismos investigadores los que programan su trabajo y cambian el programa en respuesta a necesidades internas.

Ilustremos la sistematicidad de los problemas científicos con un caso de interés en la ciencia social: la cuestión del poder, la cual, desde luego, no es un problema suelto, sino un complejo sistema problemático. Ese sistema puede analizarse, aunque no de modo único, para obtener los siguientes pasos ordenados.

1. *¿Cómo se describe el poder?*

1.1. *¿Cuáles son los ejemplos típicos de situaciones de poder? O sea: ¿qué casos, intuitivamente (pre-sistemáticamente) reconocidos como implicantes de una relación de poder, debemos considerar como típicos?*

1.2. *¿Qué factores son relevantes para el poder? ¿Cuáles son las variables de que depende el poder? ¿Recursos naturales? ¿Fuerza de trabajo? ¿Nivel técnico? ¿Fuerza represiva? ¿Ideas? Y ¿qué factores son concomitantes con el poder? ¿La organización jerárquica? ¿El privilegio? ¿El derecho? ¿La violencia? ¿El adoctrinamiento? ¿La corrupción?*

1.3. *¿Dónde vive la relación de poder? ¿En la naturaleza, o sólo en la sociedad? Si lo último es el caso, ¿al nivel individual, al molecular, o en ambos? O sea: ¿cuáles son los relata de la relación de poder: individuos, grupos o unos y otros?*

1.4. *¿Cuál es la taxonomía del poder? ¿Cuáles son las clases de poder y de situaciones de poder, y cómo se relacionan esas clases?*

2. *¿Cómo se analiza el poder?*

2.1. *¿Cómo debe plantearse el problema del poder? ¿Qué punto de vista debe adoptarse? ¿Debe seleccionarse una clase especial de poder (económico, político, ideológico) o debe estudiarse el poder en general? ¿Debe estudiarse el aspecto psicológico o el aspecto social del poder, o ambos? ¿Debemos adoptar un punto de vista externo (fenomenológico) o estudiar los mecanismos del poder?**

2.2. *¿Cómo se define el poder? ¿Qué propiedades son necesarias y suficientes para caracterizar la relación de poder? Es sin duda una relación de orden, pero ¿qué más es? Si la definición tiene que servir como criterio operativo para reconocer el ejercicio de poder, si debe contestar a la pregunta '¿Cómo se reconoce el poder?', entonces los conceptos definientes tienen que ser accesibles a la observación, directa o indirectamente; en otro*

caso no es necesaria tal restricción. Podemos, por ejemplo, intentar la definición siguiente: “ x ejerce poder sobre y en el respecto z si y sólo si el comportamiento de y en el respecto z en presencia de x difiere sensiblemente del comportamiento de y en el respecto z cuando x no está presente”. Toda definición planteará a su vez ulteriores problemas: ¿es formalmente correcta y cubre los casos típicos de poder en que estamos pensando?

2.3. *¿Cómo se mide el poder?* ¿Debemos contentarnos con un concepto comparativo de poder, o podemos analizarlo para obtener rasgos objetivos cuantitativos? En el caso de que emprendamos ese segundo camino, ¿qué unidad de poder adoptaremos?

3. *¿Cómo se interpreta el poder?*

3.1. *¿Cuál es la estática del poder?* ¿Cuáles son las relaciones de poder entre los miembros de un conjunto cuando éste se encuentra en equilibrio? (Búsqueda de las leyes del equilibrio de poder.)

3.2. *¿Cuál es la cinemática del poder?* ¿Cómo surgen las relaciones de poder y cómo cambian en el curso del tiempo? ¿Qué configuraciones son inestables y cuáles son las direcciones más probables del cambio: hacia el equilibrio o apartándose de él? (Búsqueda de las leyes de la evolución del poder.)

3.3. *¿Cuál es la dinámica del poder?* ¿Qué fuerzas pueden alterar el equilibrio del poder y qué fuerzas pueden restablecerlo? (Búsqueda de las leyes del mecanismo del poder.)

Ese paradigma de la estrategia de la investigación es una secuencia de tres pasos principales: *descripción, análisis e interpretación*. La resolución del problema de descripción requiere un repaso de los datos sociológicos e históricos relevantes, y usa instrumentos analíticos más bien elementales. Pero el éxito de las tareas descriptivas dependerá de la habilidad analítica del investigador, así como de su acervo de conocimientos. Por de pronto tiene que reconocer que el poder no es una cosa ni una sustancia segregada por entidades poderosas, sino una relación; luego, la taxonomía del poder puede ser ruda o sutil, según que se ignoren o usen ideas de la teoría de conjuntos. El segundo grupo de problemas, el análisis, es conceptual y metodológico. Una vez elaborado en este estadio un concepto afinado de poder, el investigador puede retrotraerse al estadio número uno para perfeccionar su anterior descripción. El último estadio, el de la interpretación, consiste en formular hipótesis, leyes relativas al poder, y en establecer las relaciones entre esos enunciados legaliformes: se trata de problemas de construcción. Una vez construida una teoría razonablemente satisfactoria del poder, aumentará el número de los problemas empíricos y metodológicos: en efecto, habrá que someter la teoría a contrastación, tal vez no con la mera evidencia empírica ya disponible, sino con otra adicional cuya búsqueda puede ser sugerida por la teoría misma, en el caso de que ésta no sea un mero resumen fenomenológico. En el contexto de esa teoría podrán plantearse problemas más ambiciosos—como “¿Por qué se desea el poder?”, y “¿Cuándo y cómo empieza a cambiar tal o cual configuración de poder, y en qué sentido?” Por último, la respuesta al problema de valoración “¿En qué medida es verdadera la teoría?”, supondrá la comprobación de la adecuación de las respuestas suministradas por la teoría a las anteriores preguntas.

El anterior paradigma ilustra las tesis siguientes. (i) Los problemas científicos se presentan en grupos o sistemas. (ii) Esos sistemas tienen que analizarse hasta llegar a pro-

blemas-unidad. (iii) Esos problemas-unidad tienen que ordenarse, provisionalmente al menos. (iv) Esa ordenación, o sea, la estrategia de la resolución de problemas, tiene que establecerse de acuerdo con la naturaleza de los problemas mismos, y no en respuesta a presiones extracientíficas. (v) Toda estrategia de la investigación, por modesta que sea, tiene que evitar su restricción a la mera recogida de datos, y tiene que ocuparse también de problemas conceptuales y metodológicos, y a veces de estimación.

Vamos a intentar ahora exponer el esquema general de la resolución de problemas en la ciencia factual. El tratamiento de un problema, o, por mejor decir, de un sistema problemático, no empieza con el efectivo trabajo de resolución, ni termina cuando se ha hallado una solución. Pueden distinguirse cinco estadios principales: formulación, exploración preliminar, descripción, interpretación y control de la solución. Cada estadio puede dividirse a su vez en cierto número de problemas particulares; a continuación se da una lista más a título de ilustración que de enumeración completa.

1. *Formulación*

- 1.1. ¿Cuál es el problema? (identificación del problema).
- 1.2. ¿Cuáles son los datos? (acervo de información).
- 1.3. ¿Cuáles son los supuestos? (acervo de ideas).
- 1.4. ¿Cuáles son los medios, p. ej., las técnicas? (acervo de procedimientos).
- 1.5. ¿Cuáles son las relaciones lógicas implicadas, p. ej., entre los datos y la incógnita? (condiciones que relacionan los constituyentes del problema).
- 1.6. ¿Qué clase de solución se desea? (esquema).
- 1.7. ¿Qué tipo de comprobación se necesita? (identificación de la solución).
- 1.8. ¿Por qué se busca una solución? (finalidad).

2. *Exploración preliminar*

- 2.1. ¿Qué aspecto tiene? (búsqueda de analogías con lo conocido).
- 2.2. ¿Está definido? Si lo está, ¿cómo? (en el caso de conceptos).
- 2.3. ¿Está presupuesto? Si lo está, ¿sobre qué base? (en el caso de supuestos).
- 2.4. ¿Está tomado como hipótesis? Si lo está, ¿con qué evidencia favorable? (en el caso de supuestos).
- 2.5. ¿Es observable? (en el caso de objetos físicos).
- 2.6. ¿Es contable o medible? (*idem*).
- 2.7. ¿Cómo puede contarse o medirse? (*idem*).

3. *Descripción*

- 3.1. ¿Qué es? (referente).
- 3.2. ¿Cómo es? (propiedades),
- 3.3. ¿Dónde está? (lugar).
- 3.4. ¿Cuándo ocurre? (tiempo).
- 3.5. ¿De qué está hecho? (composición).
- 3.6. ¿Cómo están sus partes –si las tiene– interrelacionadas? (configuración).
- 3.7. ¿Cuánto? (cantidad).

4. Interpretación

- 4.1. ¿Cuáles son las variables relevantes? (factores).
- 4.2. ¿Cuáles son los factores determinantes? (causas).
- 4.3. ¿Cómo están relacionadas las variables relevantes? (leyes)
- 4.4. ¿Cómo funcionan? (mecanismos).
- 4.5. ¿De dónde o de qué procede? (origen físico o lógico).
- 4.6. ¿En qué se transforma? (predicción).

5. Control de la solución

- 5.1. ¿Cuál es el dominio de validez de la solución? (límites).
- 5.2. ¿Puede obtenerse la misma solución por otros medios? (posible comprobación independiente).
- 5.3. ¿Era conocida la solución? (originalidad).
- 5.4. ¿Es la solución coherente con el cuerpo de conocimiento aceptado? (inserción).
- 5.5. ¿Qué diferencia—si la supone—significa la solución para el cuerpo de conocimiento accesible? (efecto).

Las cuestiones de formulación, de exploración preliminar y de control se presentan en la ciencia formal igual que en la factual (como ha demostrado G. Pólya). Las tres primeras cuestiones de la exploración preliminar son también comunes a todas las ciencias, sean formales o factuales, y lo mismo puede decirse de los dos primeros problemas descriptivos. Los problemas de interpretación de hecho son peculiares a las ciencias factuales.

Examinemos por último las analogías y las diferencias entre los problemas científicos y acertijos como las palabras cruzadas. Esto iluminará un poco más nuestro problema. Pueden registrarse los siguientes rasgos comunes a unos y otros.

(i) *En ambos casos se presupone un cuerpo de conocimiento.* Del mismo modo que una persona analfabeta no puede enfrentarse con un acertijo de palabras cruzadas, así también es muy poco frecuente que un aficionado sin preparación pueda enfrentarse con un problema científico. Los infrecuentes casos de recientes aportaciones relevantes hechas por aficionados (comportamiento animal y radioastronomía) se han producido en campos nuevos y suponían en sus autores algún conocimiento especializado previo.

(ii) *En ambos casos se trata de problemas suficientemente bien formulados.* En el caso del juego la incógnita es un conjunto de palabras interrelacionadas; en el caso de la ciencia la incógnita puede ser un objeto (p. ej., una fuente de ondas de radio), una propiedad (p. ej., una longitud de onda), una proposición (p. ej., una ley), o cualquier otra entidad valiosa cognoscitivamente. En los dos casos se conocen los constituyentes del problema, y también los medios en la mayoría de los problemas científicos.

(iii) *El sujeto operador avanza mediante conjeturas en ambos casos.* En el de las palabras cruzadas, las conjeturas consisten en suponer que determinadas palabras que cumplen la descripción dada en las instrucciones se combinan adecuadamente con las palabras restantes. En el caso del problema científico también las hipótesis tienen que satisfacer condiciones de compatibilidad: tienen que recoger los datos y tienen que ser consistentes entre ellas y con el acervo del conocimiento. En ambos casos se requiere pues una coherencia doble.

(iv) *En ambos casos se someten las conjeturas a contrastación:* el sujeto operador comprueba si corresponden a los datos y a las condiciones del problema, así como si concuerdan con las demás hipótesis.

(v) *En ambos casos se controla la solución.* En el de las palabras cruzadas, la solución se compara con la publicada por el periódico. En el caso científico, se repiten las mediciones, o se toman con otros instrumentos, y las ideas se estiman con la ayuda de otras ideas. Por lo demás, en ambos casos el control es accesible al público.

Esas semejanzas no deben escondernos las diferencias entre juegos como las palabras cruzadas y problemas científicos. En primer lugar, en la ciencia factual nunca es definitiva la contrastación de los supuestos componentes y de la solución final: siempre es posible que aparezca evidencia falsadora, o argumentaciones desfavorables, incluso en el caso de las ideas mejor establecidas. Consiguientemente, *no hay soluciones finales para problemas científicos relativos a hechos:* a diferencia de la resolución de juegos y acertijos, la resolución de problemas científicos no tiene fin. En segundo lugar, la finalidad primaria de la investigación no es el entretenimiento, sino el incremento del conocimiento. A diferencia de los juegos, que son obstáculos artificiales levantados a plazo corto y con finalidad personal, los problemas científicos son obstáculos “naturales” en el sentido de que arraigan en la evolución de la cultura moderna, y de que su solución puede ser socialmente valiosa. El valor que tiene la investigación como entretenimiento se da por añadidura.

Problemas

4.4.1. Elegir un problema científico y distinguir sus constituyentes. Para una aclaración e ilustración del concepto de constituyente de un problema puede verse G. Pólya, *How to Solve It*. Nueva York, Doubleday Anchor Books, 1957.

4.4.2. Seleccionar un problema científico tomándolo de *Scientific American* o de cualquier publicación especializada, y analizarlo según las líneas que esboza el marco general dado en el texto de esta sección (formulación - exploración preliminar - descripción - explicación - control de la solución).

4.4.3. Preguntar a un científico qué sistema de problemas está tratando. Tomar nota de sus respuestas y averiguar si el análisis dado en el texto se aplica a su caso o necesita correcciones, y ver también si el científico en cuestión podría usar alguna estrategia determinada en vez de empezar por ensayo y error.

4.4.4. Hallar una investigación empírica que no suscite más que problemas de descripción. Si se encuentra, asegurarse de que es científica. *Problema en lugar de ése:* Discutir las motivaciones de la investigación científica.

4.4.5. Comparar la investigación histórica, arqueológica o paleobiológica, con la resolución de acertijos. Establecer las semejanzas y las diferencias. *Problema en lugar de ése:* Averiguar si los problemas científicos, al igual que algunos acertijos, pueden ser parcialmente indeterminados, y, por tanto, sin solución única. ¿Qué tipo de condiciones dejan de cumplirse en tales problemas? ¿Y cómo podría disminuirse o eliminarse la indeterminación?

4.4.6. Comentar la afirmación de I. Kant según la cual lo que para los sentidos es un dato es para el entendimiento una tarea. (Kant usó las palabras *Gabe* y *Aufgabe*).

4.4.7. Supongamos que se nos encarga la tarea de averiguar si nuestra inteligencia es innata o

producto de la educación. ¿Qué presupuestos explicitaríamos, qué problemas plantearíamos y cómo los ordenaríamos?

4.4.8. Supongamos que se nos pide una hipótesis para estimar los grados de corrupción que acompañan al ejercicio incontrolado del poder. ¿Empezaríamos por proponer varias conjeturas para comprobarlas, o antepondríamos a la búsqueda de hipótesis el planteamiento y la resolución de algunos problemas lógicamente previos? Si este último es el caso, ¿qué problemas?

4.4.9. La resolución de problemas es una actividad dirigida por reglas en el caso de los problemas de rutina: en este caso al menos, se trata de una actividad que puede someterse a un conjunto de reglas o prescripciones. ¿Es este el caso de la invención de problemas?

4.4.10. Se suelen ya arbitrar, programar y manejar máquinas calculadoras para resolver problemas: se les “introducen” las instrucciones y los datos para tratarlos. ¿Podría construirse y programarse una calculadora, ahora o en el futuro, para *descubrir* problemas de un tipo nuevo? Suponiendo que se pudiera “introducir” en una calculadora el conjunto de la cultura humana, ¿podrían darse instrucciones a la máquina para que hallara puntos débiles (contradicciones y lagunas) en esa herencia cultural? ¿Podría conseguirse que la máquina formulara los problemas correspondientes? ¿Podrían dársele instrucciones para que elaborara sus propias instrucciones para el caso de que se presentaran problemas de tipo imprevisto? ¿Agotaría esto los problemas posibles?

4.5. HEURÍSTICA

No se conocen recetas infalibles para preparar soluciones correctas a problemas de investigación mediante el mero manejo de los ingredientes del problema: sólo la resolución de problemas de rutina es, por definición, una actividad en gran medida regida por reglas (sección 4.4). Pero pueden darse algunos consejos sobre la manipulación de los problemas de investigación para aumentar la probabilidad del éxito. Por ejemplo, la siguiente docena de reglas.

1. *Formular el problema con claridad*

Minimizar la vaguedad de los conceptos y la ambigüedad de los signos.

Seleccionar símbolos adecuados, tan sencillos y sugestivos como sea posible.

Evitar formas lógicamente defectuosas.

2. *Identificar los constituyentes*

Señalar las premisas y las incógnitas, y escribir en forma desarrollada el generador.

3. *Descubrir los presupuestos*

Explicitar los presupuestos relevantes de más importancia.

4. *Localizar el problema*

Determinar si el problema es sustantivo o estratégico; en el primer caso, si es empírico o conceptual; en el segundo caso, si es metodológico o de valoración.

Insertar el problema en una disciplina (problema unidisciplinario) o en un grupo de disciplinas (problema interdisciplinario).

Averiguar la historia reciente del problema, si la tiene.

5. *Seleccionar el método*

Elegir el método adecuado a la naturaleza del problema y a la clase de solución deseada.

Estimar por anticipado las posibles ventajas y los posibles inconvenientes de los varios métodos, si los hay.

En caso de no tener a mano ningún método, formular el problema estratégico de arbitrar uno, y empezar por este problema.

6. *Simplificar*

Eliminar la información redundante.

Comprimir y simplificar los datos.

Introducir supuestos simplificadores.

7. *Analizar el problema*

Divide et impera: desmenuzar el problema en sus unidades más simples, o sea, en pasos más cortos (subproblemas).

8. *Planear*

Programar la estrategia: ordenar los problemas-unidad en orden de prioridad lógica; si esto no es posible, ordenarlos según su grado de dificultad.

9. *Buscar problemas análogos resueltos*

Intentar incluir el problema dado en una clase conocida de problemas, haciendo así rutinaria la tarea.

10. *Transformar el problema*

Variar constituyentes y/o formulación, intentando convertir el problema dado en otro más tratable y del mismo campo. Siempre que sea posible, desplazarse hacia un problema equivalente.

11. *Exportar el problema*

Si fracasan los intentos anteriores, intentar cambiar el problema dado por un problema homólogo de otro campo, como se hace cuando un problema de fisiología humana se transfiere al terreno de la fisiología de la rana.

12. *Controlar la solución*

Comprobar si la solución es correcta o, por lo menos, razonable.

Repasar los supuestos simplificadores y, si es necesario, abandonar algunas de esas restricciones para atacar el nuevo problema más complejo que resulte.

Repetir todo el proceso y, si es posible, probar con otra técnica.

Estimar la precisión alcanzada.

Indicar posibles vías para mejorar la solución.

La primera operación, la *formulación del problema*, su planteamiento, es a menudo la

más difícil de todas, como sabe muy bien el matemático al que se pide que formule un modelo matemático (una teoría) sobre la base de un desordenado haz de conjeturas más o menos nebulosas y de datos relativos a hechos sociales. En la mayoría de los casos puede obtenerse una solución, aunque sea sólo aproximada, haciendo supuestos simplificadores y/o consiguiendo más datos: lo que rara vez se tiene al principio, particularmente en la línea de frontera de la investigación, es una formulación clara del problema. Por regla general, el enunciado del problema llega a ser una pregunta bien formulada y clara a medida que progresa el trabajo sobre el problema mismo; muchos problemas empiezan de un modo oscuro, embrional, y terminan en una pregunta que apenas hace más que parecerse a la cruda interrogación inicial. Algunas de las demás operaciones antes referidas —especialmente las de identificación de los constituyentes, descubrimiento de los presupuestos, simplificación y análisis— no apuntan sólo a la resolución del problema, sino también a su reformulación en una forma viable. “Un buen planteamiento es la mitad de la solución”, como dice uno de los pocos refranes populares que son verdaderos.

La segunda operación —la *identificación de los constituyentes*— parece trivial, pero puede ser difícil de realizar, particularmente si el problema no ha sido bien planteado. Puede ser fácil averiguar que las condiciones dadas y que relacionan los datos con las incógnitas (p. ej., las ecuaciones que contienen unos y otras) son todas necesarias; pero no será tan fácil asegurarse de que son también suficientes, y de que el problema es determinado.

La tercera operación —la de *descubrir los presupuestos*— supondrá un análisis de profundidad variable. Puede dar lugar a la reformulación del problema o incluso a su eliminación.

La cuarta operación —la *localización del problema*— se ejecuta automáticamente en las ciencias ya desarrolladas, pero está muy lejos de ser obvia en las disciplinas más jóvenes. Por ejemplo, los problemas de percepción, de semántica empírica, y hasta los referentes a doctrinas políticas, siguen a menudo clasificándose como filosóficos. Consecuencia de esa mala localización es que se elige entonces un trasfondo de conocimiento y unos métodos inadecuados, y el problema entero se pierde. La correcta localización de problemas, particularmente en las ciencias más recientes, requiere una visión científica amplia y al día.

La quinta operación —la *selección del método*— es, naturalmente, trivial cuando no se conoce más que uno; pero éste no es siempre el caso: a menudo existen varios métodos o pueden desarrollarse varios para obtener soluciones equivalentes o de clases diversas (por ejemplo, de varios grados de aproximación). La formulación del problema debe precisar cuál es el tipo de solución deseado. Así, por ejemplo, pueden resolverse determinadas ecuaciones para obtener soluciones analíticas compactas si se aplican a ellas suficiente trabajo y agudeza; pero para ciertos fines (como la interpretación de las teorías) puede bastar o hasta ser preferible una solución aproximada, mientras que para otros (como la contrastación de teorías) puede bastar una solución numérica en un dominio determinado. Por último, si no sirve ninguna técnica conocida o si ningún método conocido puede dar el tipo de solución que se desea, el investigador se ha visto honrado con un problema de clase nueva, y su atención se desplazará hacia las cuestiones estratégicas.

La sexta operación —*simplificación*— es crucial, porque puede dar lugar a la reformula-

ción de un complejo y rebelde problema en la forma de una cuestión o conjunto de cuestiones más sencillas y tratables. La simplificación de problemas puede llegar a brutales amputaciones que dejen simplemente un núcleo ya sólo ligeramente parecido al problema inicial; esto suele ocurrir en la construcción de teorías, que suele empezar teniendo muy presente lo que parece esencial, aunque un examen más atento puede revelar que es secundario. Los supuestos simplificadores pueden ser grotescos en el primer estadio; así, por ejemplo, una viga real, finita y elástica, puede simplificarse, para representación teórica, concibiéndola como una viga imaginaria de longitud infinita. La eliminación de información irrelevante (“ruidos”) es parte de este estadio. A veces la información puede ser relevante, pero, debido a la gran variedad y cantidad de los datos, hay que elegir un número menor de conjuntos de éstos, o sea, hay que tomar sólo unas pocas variables para empezar a trabajar; y esto implica supuestos determinados acerca de las variables que son de importancia primaria y las que son de importancia secundaria.

La séptima operación —*análisis*— consiste en la atomización del problema dado, o sea, en su resolución en problemas más simples que no sean ulteriormente reductibles. El análisis es necesario, pero no suficiente, para obtener una solución: hay problemas de enunciado elemental que han resistido hasta el presente a todos los esfuerzos: por ejemplo, el problema consistente en demostrar que bastan cuatro colores para colorear un mapa de tal modo que no haya dos países contiguos con el mismo color. Lo que se necesita en estos casos no es una formulación más clara ni un conjunto de problemas más simples equivalentes al problema dado, sino una teoría lo suficientemente fuerte, o una técnica de poder bastante.

La octava operación —*planear*— se analizó y ejemplificó en la sección 4.4.

La novena operación —*buscar problemas análogos resueltos*— se relaciona con la localización del problema. Generalmente implica el despoje de la bibliografía relevante, tarea, que se está haciendo cada vez más difícil a causa del incremento exponencial del volumen de la literatura científica. En el caso de problemas difíciles o que consuman mucho tiempo, valdrá la pena confiar esta tarea a máquinas capaces de reconocer la semejanza entre problemas y de seleccionarlos y extraer la literatura relevante. Mientras no se disponga de tales máquinas, la literatura existente es de uso limitado; y, cosa aún más grave, cuando el investigador se da cuenta de su alcance puede verse enterrado por una montaña de papel.

La décima operación —*transformación del problema*— puede resultar necesaria tanto si ha tenido éxito la fase anterior como si no. Los cambios de variables pueden dar lugar a una tal reformulación del problema una vez que éste se haya enunciado en forma matemática. Por ejemplo, el problema “(? x) ($ax^2 + bx + c = 0$)” se transforma en el problema atómico “(? y) [$y^2 = (b^2 - 4ac)/4a^2$]” mediante el cambio de variable $x = y - (b/2a)$; de hecho, el segundo problema es equivalente al primero y se resuelve mediante la mera extracción de una raíz cuadrada. La reformulación de un problema no afecta, por definición, al problema mismo. A veces, sin embargo, puede plantearse un problema no equivalente; por ejemplo, un término no lineal en una ecuación puede tener que despreciarse por falta de una teoría capaz de tratar la ecuación entera.

La undécima operación —*exportación del problema*— se está haciendo cada vez más frecuente a medida que avanza la integración de las ciencias. Por ejemplo, la distinción

entre grupos animales, a menudo difícil sobre la base de caracteres observables morfológicos, etológicos y superficiales en general, puede conseguirse a un nivel molecular, estudiando acaso las proteínas y sus proporciones: de este modo un problema de sistemática zoológica, erróneamente supuesto simple, se exporta a la bioquímica y los resultados obtenidos en este campo se reconducen finalmente al campo de origen. Este procedimiento se remonta a los orígenes de la aritmética y la geometría, que se introdujeron como instrumentos para convertir operaciones empíricas de contar y medir en operaciones conceptuales.

La duodécima y última operación —*control de la solución*— se comentó en 4.4, pero merece aún una observación más. La solución puede controlarse de alguno de los modos siguientes: repitiendo las mismas operaciones, intentando un planteamiento diferente (por ejemplo, de acuerdo con otra técnica), y viendo si es “razonable”. La razonabilidad se estimará por lo común intuitivamente, pero en rigor sólo una teoría y/o un conjunto de datos pueden determinar si una solución es razonable, pues ‘razonable’ no significa en la ciencia sino compatible con lo conocido, y el cuerpo del conocimiento contiene datos y teorías nada intuitivas.

Esto es aproximadamente todo lo que la heurística —el arte de facilitar la resolución de problemas— puede decir por el momento sin entrar en las diferencias específicas que existen entre los varios campos de la ciencia. Preguntémonos ahora por el destino de los problemas científicos.

Problemas

4.5.1. Ilustrar el análisis de problemas moleculares que los reduce a problemas atómicos con ejemplos tomados de la ciencia factual.

4.5.2. Si se nos encargara la tarea de multiplicar 1.378.901 por 78.000.671, haríamos bien en empezar por hacer un cómputo aproximado, sustituyendo los números dados por un millón y cien millones, respectivamente; el producto, cien millones de millones, sería el orden de magnitud del resultado deseado. ¿Por qué debemos hacer este cálculo aproximado preliminar? *Problema en lugar de ése*: ¿Por qué es deseable anteponer a todo cálculo de mecánica cuántica, cuando es posible, un cálculo grosero de mecánica clásica, o semiclásico?

4.5.3. Algunos filósofos han imaginado que el desiderátum último de la ciencia factual es resolver el problema: “Dar una descripción completa del estado del universo en cualquier instante del tiempo.” ¿Es éste un problema razonable en el sentido de ser resoluble y de que su solución tenga un valor cognoscitivo? *Problema en lugar de ése*: Dado un problema, ¿puede ser la primera operación la búsqueda de su solución?

4.5.4. ¿Qué tipo de operación, desde el punto de vista del tratamiento de problemas, realizan los geólogos y arqueólogos cuando apelan a mediciones de la radiactividad para fechar sus hallazgos?

4.5.5. Supongamos que se pesan siete cosas aparentemente idénticas con una escala que llega al miligramo, y que se obtiene para el conjunto el valor medio 100 ± 1 mg. ¿Cuál es el peso medio de cada pieza? Resolver y discutir este problema como prolegómeno al siguiente: ¿Debe buscarse siempre una solución exacta?

4.5.6. Supongamos que se ha hallado la solución de un problema. ¿Qué hará uno luego? (Aparte de felicitarse). *Problema en lugar de ése*: Analizar ejemplos de falsa localización de problemas,

como el tratamiento de ciertos problemas sociales, cual la delincuencia juvenil, como problemas psiquiátricos.

4.5.7. Un *procedimiento de decisión* es un procedimiento “mecánico” o “sin pensamiento” para contrastar una expresión desde el punto de vista de su validez (para razonamientos) o de su verdad (en el caso de enunciados). Se utilizan procedimientos de decisión para comprobar las respuestas a problemas de decisión. Dar un ejemplo de procedimientos de decisión. *Problema en lugar de ése*: Explicitar y ejemplificar la distinción entre resolución algorítmica (rutinaria) de problemas y resolución heurística (creadora) de problemas.

4.5.8. El problema consistente en hallar las intersecciones de dos o más líneas puede resolverse si se formulan las ecuaciones de las líneas: los puntos de intersección se determinan en este caso por las soluciones del sistema de ecuaciones resultante. Ejemplificar ese procedimiento y analizarlo desde el punto de vista de las operaciones descritas en el texto. *Problema en lugar de ése*: Analizar la demostración de cualquier teorema dado desde el punto de vista de las indicaciones heurísticas dadas en el texto.

4.5.9. Cuando se dispone de poco conocimiento para demostrar un teorema por un método directo, puede usarse la negación del enunciado que hay que demostrar, haciéndola funcionar como premisa; si se deduce entonces una contradicción, la premisa tiene que ser falsa, y el enunciado inicial tiene que ser verdadero. Analizar esta técnica (demostración indirecta) con la ayuda de los conceptos introducidos en el texto. *Problema en lugar de ése*: Dilucidar la noción de subproblema relacionándola con los conceptos de problema atómico y de fuerza o generalidad de un problema (véase sección 4.2).

4.5.10. Estudiar las capacidades y las limitaciones de las máquinas calculadoras para resolver problemas. *Problema en lugar de ése*: Informar acerca del estado actual de la psicología de la resolución de problemas. Véase P. N. Johnson-Laird y P. C. Wason (comps.), *Thinking*, Cambridge, Cambridge University Press, 1977.

4.6. EL FIN DE LOS PROBLEMAS CIENTÍFICOS

Los problemas científicos pueden ser olvidados, eliminados, aclarados, resueltos, objeto de una demostración de irresolubilidad o abandonados para entretenimiento de futuras generaciones. En ningún caso se declara que un problema científico sea un misterio situado más allá de la razón humana. Vamos a estudiar por separado los diversos modos por los cuales se termina un problema.

1. *El olvido*

Algunos problemas desaparecen de la escena científica sin haber sido explícitamente eliminados ni resueltos: por alguna razón, que suele ser extracientífica, esos problemas dejan de atraer la atención de las nuevas generaciones de científicos. Así, por ejemplo, la mayoría de los problemas relativos al origen de las actividades y las instituciones sociales siguen sin resolver, pero hoy día no se estudian ya con el entusiasmo que suscitaron en los tiempos de la expansión inicial de la teoría de la evolución. Análogamente, la botánica y la zoología de los invertebrados están hoy día poco de moda. La profesionalización de la ciencia ha producido cierto carrerismo, y el carrerista desea mostrar que está completamente al día: éste es un motivo ilegítimo del abandono de genuinos problemas que

observamos en nuestra época. Pero el fenómeno tiene también motivos legítimos. Uno es el hecho de que tareas nuevas y más urgentes pueden desplazar problemas viejos, genuinos, pero irresueltos y menos urgentes. Otra causa legítima del olvido de problemas es que la invención de una nueva teoría tiende a retirar la atención de problemas aislados para dirigirla hacia nuevos y enteros sistemas problemáticos que se han hecho accesibles con la nueva teoría: de este modo se sustituye una clase entera de problemas laxamente relacionados por un sistema problemático densamente estructurado. Una tercera razón legítima puede ser que no se disponga aún de una teoría adecuada para dar respuesta a las cuestiones que van cayendo en el olvido. En este caso el problema no queda totalmente olvidado, sino más bien pospuesto en favor de problemas más tratables, como está ocurriendo con los problemas más profundos (y, a menudo, más nebulosos) del comportamiento humano. En cualquier caso, un buen problema olvidado será redescubierto con gran probabilidad, tal vez en un contexto antes del todo insospechado.

2. La eliminación

La ciencia no progresa sólo mediante la resolución de problemas, sino también gracias a la eliminación de ciertas preguntas, mostrando, por ejemplo, que carecen de interés. Los problemas legítimamente eliminables son de las clases siguientes:

2.a. *Problemas triviales*: problemas que, incluso bien formulados, son superficiales y están mal constituidos, es decir, no entran en teorías fecundas o programas prometedoros. Ejemplos de problemas triviales son el contar los guijarros de una playa o el tabular funciones poco frecuentes, sin ulterior finalidad. Son triviales algunos problemas propios del estadio descriptivo de la ciencia (por ejemplo, de la biología pre-evolucionista, de la ciencia pre-teorética del comportamiento; un modo de progresar ha sido siempre en estos casos el eludir tales problemas, el abstenerse de formular preguntas triviales que no requieren el concurso de teorías, y concentrar los esfuerzos sobre tareas más difíciles y prometedoras. El grado de progreso de una ciencia no se mide por el número de problemas que plantea, sino por la profundidad y la complejidad de los mismos. Las ciencias del hombre siguen planteando problemas mucho más sencillos que los de la física, y se los plantean tan fáciles simplemente porque nuestro conocimiento sistemático del hombre es mucho más pobre que nuestro conocimiento sistemático de los átomos. Cuanto más sabemos, tanto más profundas son las preguntas que podemos formular; y cuanto más profundas son las preguntas a las que damos respuesta, tanto más sabemos. Los objetos de una ciencia no son intrínsecamente simples ni complejos: es nuestro planteamiento el que puede ser simplista o profundo.

2.b. *Pseudoproblemas*: preguntas mal formuladas o mal concebidas. La filosofía tradicional rebosa de pseudoproblemas, pero de vez en cuando estos pseudoproblemas penetran también en cabezas científicas. Ejemplo de pseudoproblema clásico es “¿Cuándo fue creado el universo?”, el cual presupone que el universo ha sido creado por un acto sobrenatural, hipótesis insusceptible de contrastación. Basta, pero es necesario, un análisis de los presupuestos para eliminar pseudoproblemas de esta clase.

2.c. *Quimeras*: preguntas fantasiosas que quedan fuera de todo contexto científico. Ejemplos: hallar la piedra filosofal y la Fuente de la Juventud, establecer comunicación con los muertos y comunicarse con otras personas sin emplear los sentidos. Las quime-

ras, como los pseudoproblemas, tienen presupuestos falsos. Así, por ejemplo, la quimera que consiste en intentar comunicarse con los muertos presupone la existencia de un alma inmortal o, al menos, independiente del cuerpo. Lo que distingue las quimeras de los pseudoproblemas es su intención práctica: del mismo modo que algunos pseudoproblemas pertenecen a la pseudociencia, las quimeras pueden dar origen a una tecnología de la pseudociencia.

3. *La aclaración*

En algunos casos la investigación no resuelve ciertos problemas, sino que los aclara. Por ejemplo, la cuestión “¿Qué es la vida?” ha ido aclarándose en el curso del siglo pasado hasta el punto de que lo que ahora se busca como propiedad distintiva de la materia viva es un tipo especial de organización o estructura, y no una sustancia o agente especial; esa aclaración representa un planteamiento nuevo del problema, esto es, su reformulación, con un cambio del trasfondo del mismo. Una vez aclarado un problema mediante su formulación más exacta y la explicitación de sus relaciones con el trasfondo del conocimiento relevante, aumenta la probabilidad de que se resuelva.

A veces ocurre precisamente lo inverso, o sea, que la naturaleza del problema se aclara a la luz de su solución. Así, por ejemplo, si se obtiene una solución absurda se aprecia que el problema estaba mal formulado, y si se obtienen varias soluciones incompatibles se ve que el problema es indeterminado. Este último es el caso de las varias posibles interpretaciones del formalismo matemático de la mecánica cuántica: la mera multiplicidad de soluciones incompatibles propuestas a ese problema debería mostrar que el problema mismo de interpretar una estructura formal con conceptos físicos es indeterminado mientras no se precisen claramente sus presupuestos filosóficos; en este caso los presupuestos se refieren a la existencia de los correlatos o relata de las construcciones hipotéticas, así como a la naturaleza del conocimiento. Consiguientemente, la discusión de esas interpretaciones debe ir precedida por una discusión filosófica general que conduzca a la formulación y la fundamentación explícita de dichos presupuestos filosóficos. En cualquier caso, la aclaración de problemas es uno de los caminos del progreso científico. Cuanto antes los administradores de la ciencia se den cuenta de la importancia de esta tarea de aclarar problemas, tanto mejor será para la marcha de la investigación.

4. *La resolución*

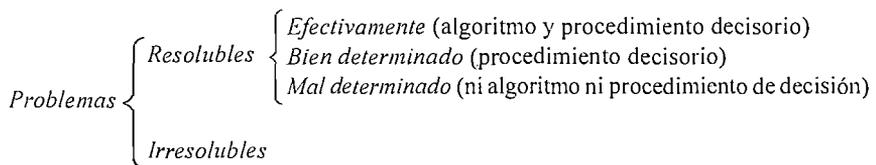
Las soluciones son de tres tipos por lo que hace a su valor veritativo: verdaderas, aproximadamente verdaderas y falsas. La mayoría de las soluciones de la ciencia factual son totalmente falsas o, en el mejor de los casos, parcialmente verdaderas; esto las diferencia agudamente de las de la ciencia formal, en la cual la mayoría de las proposiciones son (formalmente) verdaderas. La mayoría de los problemas de la ciencia factual tienen soluciones sólo aproximadas: sólo los problemas relativamente triviales tienen soluciones exactas. Lo importante no es conseguir soluciones totalmente verdaderas para problemas de todas clases; esto es una quimera, o sea, un problema que hay que eliminar. Lo importante es poseer medios para corregir errores e imprecisiones y perfeccionar las soluciones disponibles.

En la ciencia formal es a menudo posible descubrir técnicas normadas para obtener

soluciones y/o para comprobarlas: las primeras se llaman *algoritmos*, las últimas *procedimientos de decisión*, o decisorios. Si se dispone tanto de algoritmos cuanto de procedimientos decisorios para una determinada clase de problemas, entonces se dice que éstos son *efectivamente resolubles*. Si no existe ningún algoritmo, de modo que el investigador tiene que proceder por ensayo y error, utilizando su intuición y guías heurísticas, pero sigue siendo posible reconocer la solución como tal mediante un procedimiento mecánico, se dice que el problema está *bien determinado*. Si para una clase de problemas no se dispone de algoritmo y/o procedimiento de decisión, pueden presentarse las siguientes situaciones: (i) existen demostraciones de que son posibles ambas técnicas o una de ellas, pero éstas se ignoran; (ii) no existe demostración de que esas técnicas sean posibles ni de que sean imposibles; (iii) existen demostraciones de que ambas técnicas normadas o una de ellas son imposibles. Si este último es el caso, puede ser que el problema concreto sea resoluble, pero lo será de un modo artesano o artístico, y no a la manera de la producción normada posibilitada por el cálculo automático. (Dicho sea de paso, el actual interés por los problemas efectivamente resolubles se debe en parte al *boom* de las calculadoras, y contribuye a su vez a sostenerlo. Lo cual es lamentable, porque los problemas efectivamente resolubles son en realidad problemas de rutina; no lo es, desde luego, la investigación de las condiciones de la computabilidad efectiva.)

Por último, se dice que un problema es *irresoluble* si y sólo si está *demostrado* que no puede alcanzarse ninguna solución del mismo con los medios dados; el veredicto de irresolubilidad del problema no es una sentencia dogmática, sino la solución del metaproblema “¿Es resoluble?” Por ejemplo, es posible demostrar (K. Gödel) que determinados enunciados aritméticos no son demostrables con métodos finitistas, y que ni siquiera puede demostrarse con ellos la consistencia de la aritmética elemental. Este resultado, pese a su importancia para la filosofía de la ciencia formal, es relativamente irrelevante para la filosofía de la ciencia factual, puesto que ni un solo enunciado factual puede *demostrarse*: a lo sumo puede justificarse satisfactoriamente (pero también sólo provisionalmente), Y ésta no es ninguna razón para desesperar, porque, en cualquier caso, el conjunto de los problemas es potencialmente infinito.

En resolución, los problemas de la ciencia formal caen en alguna de las clases expuestas en la clasificación siguiente:



La decisión por la cual se coloca un problema en alguna de las categorías expuestas va precedida por una demostración rigurosa; en la ciencia factual esas demostraciones son imposibles.

Si no se ha hallado la solución de un determinado problema factual después de haber aplicado las recetas de la heurística (sección 4.5), pueden intentarse sucesivamente las

siguientes operaciones. (i) *Volver a examinar la formulación del problema*: asegurarse de que se trata de un problema bien formulado y de que se tienen todas las premisas (datos e hipótesis) y las técnicas adecuadas. (ii) *Ensayar con otros medios conocidos* (teorías y técnicas). (iii) *Inventar nuevos medios más poderosos*. Puede ocurrir que incluso después de volver a examinar la formulación del problema y de intentar aplicarle otras teorías y técnicas el problema siga siendo indominable, como es el caso del problema de los tres cuerpos en física. Puede entonces sospecharse que el problema es irresoluble, o, más precisamente, que es irresoluble con los medios concretos utilizados, pues la resolubilidad es contextual, no absoluta.

¿Existen en la ciencia problemas irresolubles? Sin duda: basta con limitar los datos, la teoría o la técnica para producir una secuencia infinita de problemas irresolubles. Y como los datos, las teorías y las técnicas son siempre de precisión limitada, es innecesario practicar aquella limitación artificial. Citemos unos pocos problemas típicamente irresolubles. (i) Describir la historia de cualquier guijarro dado de una playa. (ii) Suponiendo que nuestra presente era cósmica empezó con un cataclismo que destruyó las huellas de eras anteriores, reconstruir éstas. (iii) Hallar una evidencia de la existencia de la vida en el periodo pre-cámbrico. Esos problemas son irresolubles por falta o insuficiencia de evidencia empírica. Además, su irresolubilidad no es circunstancial, o sea, que pueda eliminarse en el futuro: no existe ya el material de evidencia empírica que haría falta encontrar para conseguir las deseadas reconstrucciones.

El darse cuenta de que existen problemas que serán siempre irresolubles no debe cegar respecto del carácter relativo o contextual de la resolubilidad. Todo problema se plantea sobre un trasfondo de datos, teorías y técnicas, y, por tanto, la resolubilidad de problemas no es absoluta, sino *relativa* a su trasfondo y al cuerpo de conocimiento nuevo que se consiga en el curso de su investigación. Si no dispusiéramos más que de métodos químicos para transformar los átomos, fracasaríamos como fracasaron los atomistas; pero si se introducen nuevos métodos más potentes, como el bombardeo con proyectiles subatómicos, se puede tener éxito en la empresa. Análogamente, la trisección de un ángulo con sólo regla y compás es imposible; pero si se abandona la exigencia puesta por la filosofía constructivista griega de la matemática y se traslada el problema a la aritmética, la cuestión se hace trivial. Consecuentemente, a menos que se haya demostrado que un determinado problema es irresoluble, nos abstendremos de pensar que vaya a fracasar todo intento de resolverlo; y cuando demostramos la irresolubilidad, no debemos olvidar la indicación de los medios con los cuales es irresoluble el problema. Lo único que puede afirmarse, igual en la ciencia formal que en la factual, es esta *irresolubilidad relativa o condicional*. Y la afirmación de que un problema es irresoluble con los medios dados equivale a la afirmación de que *los medios dados son insuficientes para resolver el problema en cuestión*. Este modo de hablar es preferible porque no centra la dificultad en el problema, sino en los medios, y así, en lugar de apartarnos de los problemas irresolubles, dirige nuestra atención hacia la búsqueda de nuevos medios más potentes.

Según el obscurantismo, no sólo existen problemas intrínsecamente irresolubles, misterios, sino que, además, un problema es tanto más misterioso cuanto más profundo. La tradición ilustrada, por el contrario, afirma la resolubilidad de todo tema, con las siguientes condiciones: (i) que el problema esté bien formulado; (ii) que se disponga de los medios

necesarios; (iii) que lo que se busque no sea físicamente imposible (o sea, incompatible con las leyes de la naturaleza), y (iv) que el término no sea limitado. En resolución, lo que la tradición ilustrada afirma es una resolubilidad *cualificada*: no dice que todo problema sea resoluble, sino que es resoluble *en principio* todo problema científico *bien formulado*, si se cuenta con los medios adecuados (datos, teorías y técnicas). Es claro que esta afirmación concuerda con la historia de la ciencia, mientras que la tesis obscurantista queda refutada por dicha historia. Pero no se trata aquí de demostraciones, pruebas o refutaciones en sentido estricto. Una refutación de la tesis ilustrada consistiría en una demostración de la existencia de al menos un problema absolutamente irresoluble y, consiguientemente, capaz de resistirse a cualquier estrategia. Pero esta demostración tendría que contemplar todo el tiempo futuro, tarea imposible, porque presupone erróneamente que el presente muestra ya todas las semillas del futuro. Por tanto, adoptaremos la tesis de que todo problema científico bien formulado y bien concebido es resoluble en principio; ésta es una conjetura programática fecunda.

¿Qué viene después de la solución? Cuando un animal o una calculadora han resuelto un problema quedan en reposo. Cuando un hombre ha resuelto un problema cognoscitivo, lo más probable es que el investigador mismo u otra persona, inmediatamente o poco después, suscite toda una nueva serie de cuestiones problemáticas relacionadas con la resuelta. La investigación es una reacción en cadena autosostenida a causa del carácter imperfecto y sistémico del conocimiento científico: la solución recientemente conseguida puede sin duda mejorarse y puede provocar correcciones en el conocimiento anterior, correcciones que pueden a su vez suscitar enteras líneas nuevas de investigación; o tal vez la solución pueda generalizarse, o especializarse, o sugerir una analogía fecunda para la resolución de otro problema, o hasta iniciar una vía nueva por territorio nuevo. La resolución de problemas científicos no es ni como llenar un recipiente finito ni como tejer una tela de Penélope; ni siquiera es como la exploración de un universo infinito, pero ya listo. La marcha de la ciencia consiste en *construir* nuevos problemas sistemáticos, más que en descubrir problemas existentes; estos nuevos problemas sistemáticos se solapan parcialmente con los viejos y, lejos de ser menores que éstos, suelen ser de mayor entidad: no sólo más numerosos, sino, además, más profundos y más generales.

El mejor criterio aplicable para averiguar si una disciplina sigue viva consiste en mirar si aún plantea nuevos problemas cuyas soluciones aumentarían sustancialmente nuestro conocimiento. (En este sentido está muerta la mecánica de Aristóteles, mientras que la de Newton sigue viva, no sólo desde el punto de vista de los problemas de rutina, sino también por lo que hace a los problemas de investigación.) Análogamente, el rasgo peculiar que distingue al investigador original de toda otra persona es la capacidad de hallar, inventar y tratar problemas nuevos. No pueden plantearse problemas nuevos en el marco de una doctrina muerta: ésta permite el trabajo de comentaristas, pero no el de investigadores, que es el que puede llevar adelante la materia. Si los problemas considerados se proclaman resueltos, no puede haber nada que progrese. Las soluciones intocables y los problemas de planteamiento prohibido ponen un límite a la investigación científica. Pero este límite, aunque el dogmático lo acepte voluntariamente, no es obra de la ciencia misma, la cual es esencialmente problematizadora. La ciencia viva no reconoce limitaciones intrínsecas eternas, pues consiste en tratar sistemas pro-

blemáticos, y los problemas se presentan en haces y no desaparecen sin dar nacimiento a ulteriores cuestiones.

Suele considerarse molestos a los investigadores que buscan problemas. Y con razón, pues una inteligencia que pregunta es una inteligencia crítica, que no se contenta con logro alguno, por grande que éste sea, pues percibe que tiene que ser imperfecto y, por tanto, perfectible. El progreso humano depende cada vez más del investigador que busca problemas, y una sociedad libre es aquella en la cual el planteamiento de problemas de todas clases y la investigación de los mismos no conoce más límites que los impuestos por el estado del conocimiento. Debemos más a los que, por no saber, preguntan y buscan respuestas que a los sabios en posesión de la verdad y que pueden dar respuesta sin error a toda pregunta; pues sin error quiere decir en este caso sin contradecir la opinión recibida. El más sabio de los sabios no es el que conoce más soluciones —el erudito—, sino el que sabe lo suficiente para plantear y atacar sistemas problemáticos enteramente nuevos y fecundos, y tiene el valor moral de hacerlo.

El reconocer que són los problemas los que, irradiando ideas, mantienen en movimiento el aparato de la ciencia debería modificar la corriente filosófica de la ciencia, centrada hoy sobre los datos más que sobre lo buscado. Además, debería tal vez producir cambios profundos en la habitual psicología de la inteligencia, que está hoy comprometida por la definición de “inteligencia” como la capacidad de dar respuestas a preguntas (demasiadas veces formuladas por experimentadores poco inteligentes), en vez de como la capacidad de responder y de formular preguntas originales. Un tal paso de la resolución al planteamiento de problemas debería afectar a su vez a nuestra política educativa y a sus técnicas, las cuales apuntan por ahora al aprendizaje eficaz de recetas para la resolución de problemas y de soluciones ya listas. Una política educativa no dogmática, que estuviera de acuerdo con el espíritu de la ciencia y no nos empujara a entablar una carrera de competición con las máquinas de calcular, estimularía el proceso de maduración de una actitud inquisitiva y de los métodos y las teorías de más potencia: sería una pedagogía centrada en el problema, y entrenaría así al hombre a compensar la rápida decadencia de la opinión recibida.

Problemas

4.6.1. Ilustrar los conceptos de problema trivial, pseudoproblema y quimera.

4.6.2. Considerar los siguientes modos de tratar contradicciones. (i) Eliminación de una de las proposiciones o teorías en conflicto mostrando que es falsa. (ii) Conciliación o armonización de ambas. (iii) Sintetización o construcción de un tercer sistema que recoja los elementos válidos y mutuamente coherentes del par dado. (iv) Construcción de una proposición o teoría completamente nueva.

4.6.3. Mencionar algunos problemas considerados irresolubles y luego resueltos. Ejemplos: (i) ¿Existen los átomos o son meras ficciones? (ii) ¿Cuál es la naturaleza de la afinidad química? (iii) ¿Es posible controlar la mente por medio de agentes materiales (por ejemplo, drogas y medicamentos)?

4.6.4. Citar unos cuantos problemas actualmente irresueltos. Ejemplos válidos al redactar este libro: (i) ¿Qué fuerzas mantienen cohesionadas a las partículas nucleares? (ii) ¿Existen los

gravitones (cuanta de gravitación)? (iii) ¿Es el universo espacialmente finito o infinito? (iv) ¿Qué produce las mutaciones de los genes: agentes externos (por ejemplo, rayos cósmicos) o cambios internos (como los del metabolismo celular)? (v) ¿Cuál es el mecanismo de la síntesis de proteínas? (vi) ¿Por qué los híbridos son más vigorosos que sus antepasados inmediatos? (vii) ¿Cuáles son las propiedades funcionales del cerebro que dan razón del movimiento muscular voluntario? (viii) ¿Cuál es la causa inmediata del parto? (ix) ¿Por qué envejecemos? (x) ¿Cuál es el mecanismo neural de la hipnosis?

4.6.5. Comentar el siguiente fragmento de S. Alexander, "Natural Piety", 1922, reimpreso en D. J. Bronstein, Y. H. Krikorian y P. P. Wiener (eds.), *Basic Problems of Philosophy*, Nueva York, Prentice-Hall, 1955, pp. 517ss: "La piedad natural de que me dispongo a hablar es la del investigador científico, por la cual acepta lealmente los misterios que no puede explicar en la naturaleza y que no tiene el derecho de intentar explicar. Puedo describirla como el hábito de saber cuándo hay que dejar de preguntar cuestiones naturales [...] Hay una enfermedad mental de la pregunta, manía metafísica que no puede aceptar nada, ni lo más trivial, sin exigir explicación." *Problema en lugar de ése*: Distinguir entre *Ignoramus* (ignoramos) e *Ignorabimus* (ignoraremos siempre), que es distinguir entre modestia y humildad.

4.6.6. La siguiente es una versión tecnológica de la ley de la conservación de la energía: "Es imposible construir máquinas de movimiento continuo, esto es, aparatos que funcionen sin que se les suministre energía." ¿Refuta esa afirmación la conjetura programática "Todo problema científico bien formulado es en principio resoluble?" *Problema en lugar de ése*: ¿Es concebible una máquina que plantee problemas originales en lugar de ayudar a resolver problemas?

4.6.7. Kant sostenía que habría siempre contradicciones o antinomias irresolubles, o sea, pares de proposiciones recíprocamente contradictorias e igualmente probables relativas a cuestiones fundamentales. Comentar esa tesis y, si es posible, examinar el estado actual de las antinomias propuestas por Kant en su *Kritik der reinen Vernunft*, 2a. ed., 1787, p. B 454. *Problema en lugar de ése*: Discutir el olvido de problemas producido por la pérdida de prestigio de las teorías de las cuales se originaron. Ejemplo: problemas importantes relativos al origen y a la evolución biológicos, así como problemas antropológicos y sociológicos de ese mismo tipo, se olvidaron durante el eclipse de la teoría de la evolución en las décadas de 1920 y 1930.

4.6.8. Comentar los siguientes pronósticos en conflicto acerca del futuro de la física: (i) "Los futuros desarrollos de la física teórica consistirán en aplicaciones de las actuales teorías, las cuales son esencialmente correctas." (ii) "La próxima revolución de la física teórica será la última, y consistirá en introducir una sola idea maestra que permitirá la solución de todas las dificultades actuales". (iii) "Las próximas revoluciones de la física teórica consistirán cada una de ellas en la introducción de una nueva idea poderosa que ayudará a resolver las dificultades actuales y planteará toda una serie de problemas nuevos hoy inconcebibles." *Problema en lugar de ése*: Comentar la corriente frase: "Esa solución plantea más problemas de los que resuelve." ¿Por qué se usa tan a menudo despectivamente? En qué contexto es aceptable: ¿en el de la ciencia o en el de los asuntos prácticos?

4.6.9. Construir una teoría sobre la tasa de resolución de problemas y la de descubrimiento de problemas en la ciencia. Indicación: afinar y matematizar las siguientes hipótesis. *Axioma 1*: La tasa de descubrimiento de nuevos problemas en un determinado campo es proporcional al número de problemas resueltos en ese campo. *Axioma 2*: La tasa de resolución de problemas es proporcional al número de problemas nuevos en el mismo campo. De esos dos supuestos inferimos el *Teorema*. El número de problemas nuevos en un determinado campo es proporcional al número de soluciones disponibles en ese campo, o sea: $N = kS$. Para una ciencia moribunda, $0 \leq k < 1$, y para una ciencia naciente, $k > 1$; para una ciencia estacionaria, $k = 1$. *Problema en lugar de ése*: Especular acerca de la posible evolución de una cultura que no prestara atención más que a la

resolución de problemas y despreciara todo problema no manejable con la ayuda de calculadoras del tipo hoy existente.

4.6.10. Dilucidar los conceptos de *complejidad y profundidad de un problema*, tal como se presentan en los siguientes ejemplos: La resolución de las ecuaciones de movimiento para un número de cuerpos que están en interacción de un modo conocido es un problema extraordinariamente complejo, pero no profundo: se conocen las fuerzas y las leyes, por tanto, no hay más que la dificultad, de habilidad matemática, de inventar una técnica para hallar soluciones aproximadas al problema, o incluso sólo de paciencia y habilidad para programar calculadoras que hagan ese trabajo. En cambio, el problema del equilibrio y las transformaciones de un haz de partículas nucleares es complejo y profundo, porque ni las fuerzas ni las leyes del movimiento se conocen con precisión en este caso. *Problema en lugar de ése*: Hoy día se gasta mucho tiempo en recuperar información (sepultada en revistas científicas viejas u oscuras). ¿Qué se hace por *recuperar problemas* injustamente olvidados?

4.7. PROBLEMAS FILOSÓFICOS

Filósofos de primera mano son los que estudian problemas filosóficos; filósofos de segunda mano son los que estudian lo que han dicho o dejado de decir los filósofos de primera mano. Los primeros atienden a los problemas, los segundos a sus soluciones. Los primeros se interesan primariamente por las ideas, los segundos por la expresión de las ideas y las circunstancias concomitantes de su nacimiento y su difusión. Al igual que unos escritores tratan la vida y otros tratan de libros que tratan de la vida, así también los filósofos de primera mano realizan la actividad filosófica primaria, mientras que los filósofos de segunda fila registran, comentan, explican, desarrollan o critican lo que hacen los primeros.

Esas afirmaciones no son valorativas, sino descriptivas: las dos clases de filósofos existen realmente y, además, ser de “mano” n no es lo mismo que ser de categoría n : filósofos de primera mano (originales) pueden ser pensadores de segunda categoría, y hasta charlatanes, mientras que filósofos de segunda mano pueden ser pensadores de primera categoría. Las dos clases de filósofos son necesarias para que viva la filosofía, pero el progreso filosófico, igual que el de la ciencia, exige comprender claramente que (i) la investigación original consiste en descubrir, inventar, disolver y resolver problemas —a poder ser profundos y fecundos—, y (ii) que la investigación original es imprescindible para mantener una disciplina en vida.

Aunque todo eso sea obvio, valía la pena repetirlo a causa de lo popular que sigue siendo la idea de que la filosofía es simplemente un conjunto enseñable de temas y opiniones —o sea, un conjunto de doctrinas— y no un conjunto de problemas con los que luchar. Cuando los sostenedores de la concepción doctrinal aluden a problemas filosóficos, no piensan en problemas propiamente dichos, sino más bien en grandes áreas temáticas, como “el problema del conocimiento”. Si se les pide que indiquen un miembro concreto de un tal sistema problemático, es posible que no entiendan la petición y contesten ofreciendo algún problema histórico —por ejemplo, “¿Cuál habrá sido la influencia de A?”—, o algún problema lingüístico —por ejemplo, “¿Qué quiere decir la gente con

esto cuando dice que piensa lo que dice?”—, o tal vez un problema psicológico —por ejemplo, “Si por una distracción olvido mi dolor de cabeza, ¿hace eso que deje de dolerme la cabeza o sólo que deje de sentir el dolor?” (éste es efectivamente un problema puesto a concurso por *Analysis* para enero de 1953). Problemas históricos, psicológicos, lingüísticos y de otras clases ocupan a los filósofos de primera y de segunda mano, al igual que los citólogos tienen que ocuparse de sus microscopios electrónicos, los arqueólogos de sus coches para todo terreno y los prehistoriadores de los datos geológicos. La investigación de problemas históricos, lingüísticos, psicológicos y de otras clases puede iluminar problemas filosóficos y es a menudo una propedéutica de éstos; pero dichos problemas no son filosóficos.

¿Qué es un problema filosófico? He aquí un problema de teoría de la filosofía, y hay tantas metafilosofías cuantas filosofías. Si se adopta un punto de vista un tanto tradicional, la respuesta puede darse en forma de una simple *Definición* denotativa: “Un problema filosófico es un problema de lógica, epistemología u ontología”. Si se pide una aclaración de esa definición puede añadirse que un problema filosófico es un problema de forma, o de conocimiento, o referente al ser. Pero todo eso es oscuro e insuficiente: la cuestión de si dos sistemas conceptuales, como dos teorías, son isomorfos o no, es un problema de forma, pero puede ser estrictamente matemático; el averiguar cómo tenemos conocimiento de cosas que no han sido objeto de experiencia es un problema de conocimiento, pero no epistemológico (no lo es, por lo menos, desde que lo ha recogido la psicología); y preguntarse por la naturaleza de los enzimas es un problema referente al ser, pero no un problema ontológico. Los problemas lógicos se incluyen en el amplio conjunto de los problemas formales. Son problemas genéricos que se refieren a la forma y pueden presentarse en cualquier investigación. En cualquier campo podemos tener que tratar problemas como “¿Es p equivalente a q ?”, “¿Es q deducible de p ?”, “¿Es p , que contiene el concepto C , traducible por alguna proposición equivalente que no contenga C ?” Los problemas epistemológicos no son problemas que se refieran propiamente al conocimiento, sino ciertos problemas no empíricos sobre él, tales como “¿Cuáles son los criterios de la verdad factual?”, “¿Cuál es el valor veritativo de la conjunción de dos enunciados parcialmente verdaderos?”, “¿Cómo se someten las teorías a contrastación?”, o “¿Cuál es el papel de la analogía en la inferencia científica?” Y los problemas ontológicos no son problemas específicos referentes al ser, sino problemas genéricos, no empíricos, que se refieren a rasgos generales de la realidad, tales como “¿Qué relación hay entre el tiempo y el cambio?”, “¿Hay clases naturales?”, “¿Es el azar irreductible?”, “¿Es la libertad compatible con la legalidad?”, o “¿Cómo se relacionan los distintos niveles?” Con estas precisiones podemos conservar la anterior definición del problema filosófico, aunque dándonos cuenta de que toda definición denotativa es evasiva.

Una peculiaridad de los problemas filosóficos consiste en que en su planteamiento no se presentan datos empíricos (como momentos nucleares o datos históricos). Los datos empíricos pueden ser, sin embargo, relevantes para el filosofar: pueden dar origen a problemas filosóficos y pueden refutar soluciones a problemas filosóficos; pero no pueden presentarse en su formulación, porque si lo hicieran los problemas filosóficos se investigarían con medios empíricos, o sea, pertenecerían a alguna ciencia empírica. En segundo lugar, los problemas filosóficos no pertenecen a ninguna ciencia particular, ni por su tema

ni por su método, aunque la investigación científica –como veremos en la sección 5.9– presupone y sugiere tesis filosóficas (por ejemplo, la realidad del mundo externo) y teorías filosóficas (por ejemplo, la lógica ordinaria). En tercer lugar, todos los problemas filosóficos son conceptuales, pero algunos de ellos –por ejemplo, el sistema problemático de las leyes científicas– presuponen un cuerpo de ciencia factual. Consiguientemente, se resuelven (o disuelven) a menudo con la ayuda de la ciencia o en la misma ciencia. Es posible que los filósofos hayan hecho mucho más al plantear cuestiones inteligentes luego acaso recogidas por la ciencia que proponiendo extravagantes soluciones a raros problemas. En cuarto lugar, los problemas filosóficos de las clases que no son la lógica son irresolubles de un modo plenamente exacto, particularmente si se relacionan con la ciencia, la cual no es nunca definitiva. Por eso los problemas epistemológicos y ontológicos, como los problemas fundamentales de la ciencia factual, son eternos en el sentido de que no tienen solución definitiva. Pueden ir recibiendo soluciones cada vez mejores, y en algunos casos pueden dejar de interesar a los espíritus investigadores, pero siempre quedarán, en el mejor de los casos, a medio resolver. Esto, naturalmente, no nos exime de ser precisos en la formulación y la concepción de los problemas filosóficos: la solución será tanto más verdadera cuando mejor formulado y concebido haya sido el problema.

Una quinta peculiaridad, la más desgraciada, de los problemas filosóficos que no son estrictamente lógicos es que no suele haber criterios para reconocer las soluciones, y menos aún, naturalmente, para decidir si una solución dada es correcta. Es sabido que algunas cuestiones filosóficas son intrínsecamente indecidibles: no son propiamente problemas, sino pseudoproblemas, como el siguiente: “¿Cuánto más ser tiene el hombre que los animales inferiores?” (pregunta realmente planteada en el XII Congreso Internacional de Filosofía, 1958). Pero lo que ha confundido a bastantes pensadores es que numerosos problemas filosóficos genuinos hayan sido objeto de largas e inconcluyentes controversias. ¿Son los problemas filosóficos *per se* los que son impropios, o se encuentra el defecto en nuestra torpeza para formularlos y para estipular las técnicas que permitirían contrastar las soluciones filosóficas (es decir, las hipótesis y teorías filosóficas)? Antes de refugiarse en una respuesta pesimista hay que recordar que la lógica formal entera y la mayor parte de la semántica se han convertido en disciplinas rigurosas, hasta el punto de que hoy se las considera frecuentemente como ciencias independientes. Esos éxitos sugieren la adopción de una determinada metodología filosófica, y más precisamente la de una inspirada en el método de la ciencia.

Proponemos las siguientes reglas como una base metodológica filosófica. Primera, que el tratamiento de problemas filosóficos no lógicos debe armonizar con la lógica ordinaria: por tanto, los errores lógicos bastarán para invalidar el discurso filosófico, enteramente o en parte; no descalificarán todo problema filosófico, ni siquiera todo programa filosófico, pero seguramente eliminarán mucha argumentación filosófica. Segunda, que el tratamiento de los problemas filosóficos no lógicos no debe chocar con el cuerpo principal del conocimiento científico, y, además, debe estar al día científicamente; esto no condenará las heterodoxias científicas mientras se produzcan dentro del espíritu de la ciencia, pero eliminará mucho sin-sentido. Tercera, que la formulación y la elaboración de los problemas filosóficos, así como la comprobación de las soluciones propuestas, tienen que discurrir paralelamente con las correspondientes operaciones de la ciencia: el

método del filosofar debe ser científico. Cuarta, que las soluciones propuestas a problemas filosóficos deben juzgarse sólo desde el punto de vista de su valor veritativo, independientemente de consideraciones no cognoscitivas –políticas, por ejemplo. Esas cuatro reglas del filosofar de la estimación del trabajo filosófico guiarán ya la elección de los problemas filosóficos. Si no se respeta la lógica, puede estudiarse cualquier absurdo, desde el hegelianismo hasta el existencialismo; si no se respeta el acervo de la ciencia, podrá plantearse cualquier cuestión superficial o hasta estúpida, como la de si existen huellas del futuro; si no se imita el método de la ciencia, se renunciará al beneficio de la más lograda experiencia humana; y si la aspiración del filosofar no es buscar la verdad (la búsqueda de verdad perfectible), se obtendrá la sierva de cualquier doctrina fósil.

El problema de la elección del problema adecuado y del correcto planteamiento es tan importante en la filosofía de la ciencia como en cualquier otra rama del conocimiento. Aquí, como en el resto de la filosofía, se presenta la tentación de no proceder sino por caminos abiertos por la autoridad, cualquiera que sea la relevancia del problema tradicional para la real investigación científica. Ejemplos recientes característicos de este tipo de problema son los siguientes: (i) la cuestión de los condicionales contrafácticos, cuya solución se presenta como un requisito previo a la teoría de la ley científica; (ii) la cuestión del descubrimiento de definiciones lógicamente satisfactorias de conceptos cualitativos de disposición, como “soluble”, que se cree indispensable para plantear el problema de los conceptos teoréticos; y (iii) “el” problema de la inducción, del que se cree que agota los problemas de la inferencia científica. El hecho es que el problema de los condicionales contrafácticos está por ahora formulado oscuramente, y, por tanto, sin resolver, mientras que, en cambio, la teoría de la ley científica marcha bien, como por fuerza tenía que ocurrir, porque lo interesante de los condicionales contrafácticos es que se presentan en la inferencia, no en la formulación de premisas de teorías factuales. Por lo que hace a los conceptos de disposición, los científicos suelen preferir derivar conceptos cualitativos o comparativos a partir de conceptos cuantitativos, y lo hacen en el seno de teorías, no fuera de ellas (véase la sección 3.3). Por último, el papel de la inducción en la inferencia científica es mucho más modesto de lo que suele creerse (véase la sección 15.4). Se ha producido la inflación de ciertos problemas por falta de real conocimiento de la ciencia tal como existe, y así se ha desarrollado una artificial teoría de la ciencia que no versa realmente sobre la ciencia, sino sobre determinadas ideas que se les han ocurrido a distinguidos filósofos a propósito de problemas de escaso o ningún interés para el progreso del conocimiento: a menudo se estudian esos problemas con un enorme aparato de rigor e ingenio, simplemente porque se supone erradamente que son vitales para la ciencia o para la explicación filosófica de la ciencia.

La teoría de la ciencia no tiene por qué tratar exclusivamente problemas que puedan atraer la atención de los científicos –los cuales suelen pasar por alto las tesis filosóficas que suponen–, pero sin duda tiene que ocuparse de la ciencia real, y no de una imagen simplista de ella. Y si es deseable un fecundo intercambio entre filósofos y científicos, tanto para el enriquecimiento de la filosofía cuanto para la depuración de la ciencia, entonces es necesario tratar los problemas filosóficos que se presentan en el curso de la investigación. Actualmente los físicos se enfrentan con la necesidad de construir teorías de las partículas elementales, y se les ayudaría con una discusión competente acerca del

problema general de los planteamientos posibles de la construcción de teorías físicas. Los cosmólogos se encuentran con una evidencia poco segura en favor de teorías sumamente especulativas; seguramente acogerían muy bien una discusión competente acerca de la contrastabilidad y la precisión que hay que exigir a las teorías. Los químicos están incómodos con sus muchas hipótesis *ad hoc* acerca de funciones de onda, y con su excesivo cálculo ciego: se beneficiarían de una discusión acerca de la naturaleza de las construcciones *ad hoc* y de un examen del estatus de los modelos. Los biólogos se enfrentan con el creciente abismo entre la investigación por observación y la experimental, así como el existente entre la biología celular y la molecular: se les ayudaría mediante una discusión acerca del valor y la interrelación de esos varios planteamientos. Los psicólogos están aprendiendo química, y necesitarían una discusión acerca de si los hechos psíquicos no son más que reacciones químicas. Y así sucesivamente. La elección de problemas vivos animará la filosofía de la ciencia y la hará útil para el progreso de la ciencia.

En conclusión: el correcto planteamiento de los problemas filosóficos –su elección y su tratamiento– no difiere, o no debería diferir, demasiado del planteamiento correcto de los problemas científicos, por mucho que difieran los temas y las técnicas. Pero esto no es más que un modo ambiguo de decir que no hay más que un modo de plantear los problemas de conocimiento, ya sea en la ciencia pura, ya en la aplicada, ya en la filosofía: no se pueden plantear problemas de conocimiento sino científicamente. Esto puede ser dogmático pero vale la pena intentarlo para ver si cambia la situación de la filosofía.

Problemas

4.7.1. Establecer una lista de problemas filosóficos sugeridos por la investigación científica. Indicación: explicitar los supuestos básicos de cualquier disciplina científica y examinar si presuponen o sugieren en ideas filosóficas.

4.7.2. Mostrar por qué –o por qué no– los siguientes son –o no son– problemas filosóficos, de acuerdo. naturalmente, con la concepción de la filosofía que tenga cada cual. (i) ¿Cómo se relaciona la imagen percibida con los objetos externos? (ii) ¿Podemos percibir relaciones sociales? (iii) ¿Está el espíritu en el cerebro? Caso de respuesta afirmativa: ¿está en él como sustancia separada o como sistema de funciones? (iv) ¿Qué es el dolor? (v) ¿Qué es el mal? (vi) ¿Qué son obligaciones? (vii) ¿Qué son excusas? (viii) ¿Qué es trabajo (o acción)? (ix) ¿Qué anda mal en la sociedad? (x) ¿Cuáles son los atributos de la divinidad?

4.7.3. ¿Se desarrolla la filosofía por abstenerse de plantear ciertas preguntas, o más bien por formular correctamente problemas profundos? En particular: ¿existen preguntas “peligrosas”? Para esta última cuestión, cf. O. Neurath, *Foundations of the Social Sciences, Encyclopedia of Unified Science*, vol. II, núm. 1, Chicago, University of Chicago Press, 1944, p. 5: debemos evitar preguntas “peligrosas”. “tales como la referente a la forma de conexión entre la ‘observación’ y el enunciado: o la de cómo se relacionan los ‘datos de los sentidos’ y el ‘espíritu’, el ‘mundo externo’ y el ‘mundo interno’. En nuestro lenguaje fisicalista no se presentan esas expresiones.” *Problema en lugar de ése*: Discutir la siguiente opinión de F. P. Ramsey en *The Foundations of Mathematics*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1931, p. 268: “Nos vemos movidos a filosofar porque no sabemos claramente qué estamos pensando; la cuestión es siempre: ‘¿Qué entiendo por x ?’”

4.7.4. Comentar la siguiente afirmación de L. Wittgenstein –uno de los fundadores de la escuela de filosofía del lenguaje– en sus *Philosophical Investigations*, Nueva York, Macmillan, 1953:

(i) "...los problemas filosóficos surgen cuando el lenguaje *se va de vacaciones*" (p. 19). (ii) "...Un problema filosófico tiene la forma: 'No sé cómo proceder' (p. 49). (iii) "...La claridad a la que aspiramos es efectivamente claridad *completa*. Pero esto significa simplemente que los problemas filosóficos deben desaparecer *totalmente*" (p. 51). (iv) "El tratamiento que el filósofo da a una cuestión es como el tratamiento de una enfermedad" (p. 91). *Problema en lugar de ése*: Examinar la propuesta según la cual la tarea de la filosofía es hallar o convenir lo que puede o no puede decirse con propiedad ("felizmente", como dicen J. L. Austin y sus seguidores).

4.7.5. Según R. G. Collingwood, el tema propio de la filosofía es el estudio de los presupuestos últimos o absolutos. Comentar esta tesis. (Dicho sea de paso, Collingwood no estudió nunca la lógica de los supuestos, ni mostró que los hubiera de naturaleza absoluta.)

4.7.6. Bastantes historias de la filosofía son catálogos de opiniones y datos; algunas llegan a proponer y razonar hipótesis acerca de la influencia de unos filósofos en otros. ¿Cómo habría que intentar escribir una historia de la filosofía? ¿Empezando por los resultados (las doctrinas), o poniendo en el centro los problemas y los medios usados para resolverlos? Indicaciones: empezar por establecer una distinción entre el planteamiento histórico y el planteamiento sistemático (o teorético) de los problemas filosóficos, y elegir un caso ejemplar.

4.7.7. Suele suponerse que las cuestiones metafísicas son independientes de las de hecho y, por tanto, irresolubles con la ayuda de la experiencia. ¿Puede admitirse eso para cuestiones como las siguientes?: "¿Hay conexiones objetivas?", "¿Es la simetría anterior en algún sentido a la asimetría, o a la inversa?", "¿Requiere el cambio algo que no cambie?", "¿Es el progreso objetivo?", "¿Tienden a sumarse las propiedades?", "¿Es el azar una excepción a la regla o el resultado de leyes que operan a diferente nivel?", "¿Hay en la realidad individuos?", "¿son reales los géneros?" *Problema en lugar de ése*: Examinar la opinión de C. S. Peirce sobre la relación entre metafísica y ciencia. Véanse sus *Collected Papers*, ed. C. Hartshorne y P. Weiss, Cambridge. Harvard University Press, 1935. vol. vi: la metafísica es una ciencia de observación, y "la única razón de que esto no se haya reconocido universalmente es que la metafísica se basa en clases de fenómenos que saturan de tal modo la experiencia de todo hombre que nadie les dedica particular atención" (p.2). Cf. también M. Bunge, *The Furniture of the World*, Dordrecht, Reidel, 1977.

4.7.8. ¿Tiene la filosofía un objeto preciso? *Problema en lugar de ése*: Examinar la lista de problemas filosóficos propuestos por K. R. Popper, *Conjectures and Refutations*, Nueva York y Londres, Basic Books, 1962. p. 59ss.

4.7.9. ¿Tiene la filosofía un método propio? Recordar y examinar las principales respuestas dadas a esa pregunta: el método de la filosofía consiste en (i) trazar la génesis psicológica y el desarrollo de las ideas (empiristas británicos, ideas en el sentido empirista); (ii) descubrir la determinación social de las ideas (sociologismo); (iii) la descripción y el análisis lingüísticos (filosofía de Oxford); (iv) el análisis lógico del discurso científico (M. Schlick y R. Carnap); (v) la formulación clara de problemas y el examen crítico de las varias soluciones propuestas (K. R. Popper); (vi) el método general de la ciencia y las técnicas de la lógica formal y la semántica.

4.7.10. Considérese la siguiente antinomia de la base científica de la filosofía. Supóngase que la filosofía científica utiliza no sólo el método de la ciencia, sino también alguno de sus resultados—por ejemplo, que el espacio y el tiempo son interdependientes. Supóngase además que fuera un desiderátum del filosofar la construcción de teorías duraderas. Es un hecho que entre los resultados de la ciencia los particulares tienen más larga vida que los generales. Pero si escogemos resultados particulares—como, por ejemplo, el peso molecular del agua, o la duración de la era terciaria—no podremos construir teorías filosóficas. Y si escogemos los resultados generales (como la teoría de la gravitación) no conseguiremos estabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Ackoff, R. L., *Scientific Method: Optimizing Applied Research Decisions*, Nueva York, John Wiley, 1962, caps. 2 y 3.
- Agassi, J., "The Nature of Scientific Problems and their Roots in Metaphysics", en M. Bunge (ed.), *The Critical Approach*, Nueva York, The Free Press, 1964.
- Åqvist, L., *A New Approach to the Logical Theory of Interrogatives*, 2a. ed., Uppsala University of Uppsala, 1969.
- Aristóteles, *De interpretatione*, 20b, pp. 27-31.
- Belnap, N., Jr., "S-P interrogatives", en M. Bunge (comp.), *Exact Philosophy*, Dordrecht, Reidel, 1972.
- Bromberger, S., "Questions", *Journal of Philosophy*, LXIII, 597, 1966.
- , "Questions", *Journal of Philosophy*, 63: 597-606, 1966.
- Bunge, M., "¿Qué es un problema científico?", *Holmbergia*, vi, núms. 15, 47, 1959.
- , "Problems and games in the current philosophy of natural science", *Proceedings of the xvth International Congress of Philosophy*, vol. II, 1968.
- Cresswell, M. J., "The logic of interrogatives", en J. N. Crossley y M. A. E. Dummett (eds.), *Formal Systems and Recursive Functions*, Amsterdam, North Holland, 1965.
- Freudenthal, H., "Analyse mathématique de certaines structures linguistiques", *Folia biotheoretica*. 5. 81, 1960.
- Hilbert, D., "Mathematische Probleme", *Archiv der Mathematik und Physik*, I, 44 y 213, 1901. reimpreso en R. Bellman (ed.), *A Collection of Modern Mathematical Classics*, Nueva York, Dover, 1961.
- Hiz, H. (comp.), *Questions*, Dordrecht, Reidel, 1978.
- Kolmogoroff, A., "Zur Deutung der intuitionistischen Logik", *Mathematische Zeitschrift*, 35, 58, 1932.
- Kubinski, T., "An Essay in Logic of Questions", *Proceedings of the xiiith International Congress of Philosophy*, Firenze, Sansoni, 1960, v.
- , "The logic of questions", en R. Klibansky (ed.), *Contemporary Philosophy*, vol. I, Florencia, La Nuova Italia, 1968.
- Lindley, T. F., "Indeterminate and Conditional Truth-Values", *Journal of Philosophy*, LX, 449, 1962.
- Mehlberg, H., *The Reach of Science*, Toronto, University of Toronto Press, 1958, cap. 3.
- Merton, R. K., "Notes on problem-finding in sociology", en R. K. Merton, L. Broom y L. S. Cottrell, Jr. (comps.), *Sociology Today*, Nueva York, Basic Books, 1959.
- Morris, R. T., y M. Seeman, "The Problem of Leadership: An Interdisciplinary Approach", *American Journal of Sociology*, LVI, 149, 1950.
- Parthey, H. (ed.), *Problemtypen bei der Hypothesen- und Prognosenbildung*, Rostocker Philosophische Manuskripte, Heft 7. Universität Rostock, 1970.
- Pólya, G., *How to Solve It?*, Nueva York, Doubleday Anchor Books, 1957.
- Popper, K. R., "The Nature of Philosophical Problems and their Roots in Science", en *Conjectures and Refutations*, Nueva York y Londres, Basic Books, 1962.
- Stahl, G., "La lógica de las preguntas", *Anales de la Universidad de Chile*, núm. 102, 71, 1956.
- , "Preguntas y premisas", *Revista de Filosofía de la Universidad de Chile*, VIII, 3, 1961.