

el nuevo término puede haber surgido espontáneamente y no ser reconocido y condecorado oficialmente sino después de una larga existencia clandestina. En tercer lugar, las definiciones pueden precisar significaciones a condición de que los signos definientes tengan al menos algún significado —lo cual, por ejemplo, no parece ser el caso de la pseudodefinition "El *Dasein* es el dejar-ser lo que es" (Martin Heidegger).

El término introducido se llama *definiendum* —lo que hay que definir y la expresión que lo define se llama *definiens*. Por ejemplo, en "Filogénesis = *ae* Evolución de la especie", el *definiendum* es "filogénesis" y el *definiens* es el miembro derecho de la definición. El *definiendum* debe ser nuevo en el sistema de que se trate, pero puede ser un viejo conocido en otros contextos en los que acaso se presenta con la misma significación u otra parecida. Los términos definientes tienen que preexistir, como es natural, a la definición, ya en virtud de previas definiciones, ya por haber sido adoptados como definientes últimos en el contexto.

Para poder empezar a definir hace falta un conjunto de conceptos no-definidos, o conceptos *primitivos*. Por ejemplo, en el sistema de Peano para la aritmética, se toman como primitivos los conceptos de número natural, siguiente de un número natural y cero, además de conceptos genéricos (lógicos), como los de identidad, negación, conjunción y universalidad, que se usan para enlazar los primitivos específicos, formar con ellos enunciados y transformar éstos. En estática pueden tomarse como nociones primitivas independientes unas de otras los conceptos "sistema de referencia", "posición", "cuerpo" y "fuerza", junto con algunos conceptos genéricos (lógicos y matemáticos), como los de vector y suma de vectores. Y en la cinemática "tiempo" aparece en el lugar de "fuerza" en el anterior conjunto de conceptos no-definidos. En todo contexto factual tenemos, en resolución, que aceptar dos clases de conceptos básicos: (i) un conjunto de primitivos genéricos (lógicos y/o matemáticos) y (ii) un conjunto de primitivos específicos (temáticos). Generalmente los primeros se toman de un modo tácito de la ciencia formal, y a los últimos se les atribuye significación (en el sistema) por referencias que suelen ser meramente indicadas, y no formuladas explícitamente.

Decir de un concepto que es no-definido o primitivo en un determinado contexto es caracterizarlo de un modo negativo y, por tanto, incompleto. Lo más importante por lo que hace a las nociones primitivas no es tanto el que sean definientes y puedan infundir significaciones a otros signos cuanto el que sean *hurdillos* para la construcción de teorías. De hecho, todo supuesto básico, o axioma, de una teoría es simplemente un enunciado constituido sólo por primitivos genéricos y específicos. Una importante función (metateórica) de la definición es, consiguientemente, el indicar una división de los conceptos de un sistema en básicos y derivados. (Lo cual muestra, dicho sea de paso, que el lugar adecuado para una discusión formal de la definición está constituido por los capítulos sobre teoría, más

que por esta introducción semántica.) De acuerdo con lo dicho, no suelen definirse los conceptos más importantes o básicos, sino los menos importantes, los que en principio podrían sustituirse por los definientes correspondientes. En cualquier caso, igual para un concepto que para un organismo lo principal es nacer: el reconocimiento oficial, como concepto primitivo o como concepto derivado, es cosa secundaria.

Por lo que hace a la forma lógica hay que distinguir entre dos géneros de definición propia o *nominal*: explícita e implícita. En la definición explícita el *definiendum* y el *definiens* están claramente separados por un signo especial; en la definición implícita los dos términos son distinguibles, pero inseparables: están, por así decirlo, integrados.

Las formas corrientes de la definición explícita son como sigue: (i) " $A =_{ae} B$ ", o sea, A es igual a B por definición. Ejemplo: "Fenomenológico = *ae* Aparente a los sentidos de alguien". (ii) " $A = B$ ", o sea, ' A ' nombra el mismo objeto que ' B ', o también: ' A ' y ' B ' son sinónimos. Ejemplo: " $2 = 1 + 1$ ". (iii) " $A = (\forall x)B(x)$ ", o sea, A es el único x que satisface la función $B(\)$, o que tiene la propiedad B . Ejemplo: "La temperatura es la magnitud medida por los termómetros". (iv) " $(x) [A(x) \leftrightarrow B(x)]$ ", o sea, A es verdadero de todo x si y sólo si B es verdadero de todo x . Ejemplo: "Para todo x, y, z del conjunto de los números, $x/y = z \leftrightarrow x = y \cdot z$ ".

*Las dos primeras clases de definición son definiciones *metalingüísticas* o inter-niveles: el signo ' $=_{ae}$ ' lleva el *definiendum* al metalenguaje del lenguaje en el cual reside el *definiens*, y las comillas simples de (ii) indican que no se trata aquí de los conceptos mismos A y B , sino de sus nombres respectivos, ' A ' y ' B '. Consiguientemente, mientras que en todos los demás casos una definición puede interpretarse como afectando a signos o afectando a los conceptos designados, las definiciones de la clase (ii) se aplican sólo a signos. Por último, las definiciones de las dos últimas clases, (iii) y (iv), son *intra lingüísticas* o intra-nivel, en el sentido de que tanto el *definiendum* como el *definiens* pertenecen al mismo nivel lingüístico: efectivamente, tanto el símbolo descriptor ' x ' como el símbolo de equivalencia ' $\leftrightarrow$ ' no pueden relacionar sino expresiones pertenecientes al mismo nivel lingüístico, o sea, al lenguaje objeto, en el cual no se hace referencia a otros objetos lingüísticos.*

En una definición implícita el *definiendum* no se presenta sólo en un lado de la relación de equivalencia, sino que es parte de un signo más complejo. Ejemplo 1: "Dos cuerpos tienen el mismo potencial eléctrico (o la misma temperatura) si y sólo si no fluye electricidad (calor) a través de un tercer cuerpo conductor que los conecte". Esta equivalencia define el concepto de igualdad de potencial eléctrico (de igualdad de temperatura). Ejemplo 2: La relación "raíz cuadrada" puede definirse implícita e intensionalmente a base de la relación "cuadrado": " $(y = \sqrt{x}) \leftrightarrow (y^2 = x)$ "; pero también puede definirse explícitamente de un modo

extensional: " $\sqrt{} = ar \langle x, y \rangle \mid y^2 = x \rangle$ ", representando " $\langle x, y \rangle$ " el par ordenado formado por x e y . Las definiciones implícitas que consisten en equivalencias de algún tipo formulan condiciones *necesarias y suficientes* de la introducción de un símbolo. Se llamarán definiciones implícitas *simples*. Hay otras varias clases de definiciones implícitas que permiten cier juego entre definiendum y definiens.

Las *definiciones implícitas condicionales* tienen forma condicional como en el ejemplo "Si C , entonces (A si y sólo si B)", en la cual la cláusula C formula una condición de la equivalencia —condición, naturalmente, suficiente. Así, la definición implícita de la división aritmética " $x/y = z \leftrightarrow x = y \cdot z$ " es válida para números, pero no para todo otro concepto matemático. Si se formula explícitamente la condición de que x, y, z deben ser números —brevemente: " $x, y, z \in N$ "—, para indicar el alcance de la definición, obtenemos una definición implícita condicional de la división aritmética: " $x, y, z \in N \rightarrow (x/y = z \leftrightarrow x = y \cdot z)$ ". Podría argüirse que toda definición *completa*, implícita o explícita, es en última instancia condicional, y que sólo puede legítimamente prescindirse del antecedente de la condición cuando el contexto lo indica de un modo u otro.

"A veces se recusan las definiciones condicionales porque todo enunciado de la forma " $C \rightarrow (A \leftrightarrow B)$ " es automáticamente verdadero, independientemente de que se satisfaga el bicondicional $A \leftrightarrow B$, si el antecedente C es falso. Pero estas verdades vacías, y por lo tanto inútiles, pueden evitarse mediante la convención adicional de que se presupone C , es decir, de que se toma a C como verdadero. O sea, en vez de " $C \rightarrow (A \leftrightarrow B)$ " podemos escribir: " $C \ \& \ [C \rightarrow (A \leftrightarrow B)]$ ". Con esta precaución podemos exigir que se explicité en caso de necesidad la condición de cualquier definición."

Las *definiciones recursivas* son de uso muy frecuente en lógica y matemática, pero escaso en la ciencia factual. Una definición recursiva introduce un término por el procedimiento de relacionarlo con uno o más términos de un conjunto o una secuencia numerables. El brillo de las estrellas, por ejemplo, puede definirse por recursión: " $B_n = 2,5 B_{n+1}$ ", definición en la cual ' n ' refiere a la magnitud de la estrella. Las definiciones recursivas se limitan a miembros de conjuntos numerables, razón por la cual no pueden usarse para definir magnitudes. Además son incompletas, porque requieren la especificación independiente de uno de los miembros, generalmente el primero; así, en el caso de brillo de las estrellas la definición recursiva deja indeterminado a B_1 . Esto, de todos modos, no es ningún defecto relevante cuando lo único que se desea es el concepto de brillo relativo.

Las *definiciones inductivas*, que contienen como subclase a las definiciones recursivas, son más determinadas que éstas porque fijan el valor del primer miembro de la secuencia. Ejemplo de definición inductiva es la de

la suma de números naturales en el sistema aritmético de Peano, por medio de las dos expresiones: " $n + 0 = n$ " y " $n + Sk = S(n + k)$ ", designando ' S ' la función "el siguiente de".

Esos tipos de definición implícita dan una caracterización satisfactoria del definiendum. Se tiene una especificación más ambigua de la significación en las definiciones facilitadas por un conjunto de postulados (axiomas), que son las llamadas *definiciones postulacionales* o contextuales, que se supone aplicadas a los conceptos primitivos de una teoría. La construcción de un sistema axiomático introduce sin duda los símbolos básicos y estipula las relaciones básicas entre ellos; pero difícilmente puede considerarse esa operación como una *definición* propiamente dicha, aunque sin duda lleve a cabo la mejor *dilucidación* posible de los conceptos en cuestión. De hecho, todo conjunto de axiomas puede interpretarse de diversos modos, y en cada una de estas interpretaciones, o modelos, los primitivos toman una significación peculiar, siempre que se añadan, explícita o implícitamente, al sistema axiomático reglas de interpretación adecuadas. Los postulados *limitan* las posibilidades de interpretación, pero no caracterizan a las nociones primitivas de una teoría de un modo no-ambiguo: no determinan pues totalmente sus significaciones. La especificación del significado de los conceptos primitivos de una teoría se hace por medio de referencias. (Cfr. Seccs. 5 y 6.)

Lo que caracteriza sin ambigüedad un conjunto de axiomas —siempre que se le añadan las necesarias reglas de correspondencia, o referencias— es el *objeto* o *concepto-clave* de la teoría. Así, por ejemplo, la mejor manera de determinar el concepto de conjunto consiste en enunciar los axiomas de la teoría de conjuntos (p. e., " $A \cap B = B \cap A$ ") y decir que todo lo que satisface dichos axiomas es un conjunto. Análogamente, el concepto de campo electromagnético puede definirse diciendo que es el correlato de ciertos enunciados legaliformes (p. e., las ecuaciones de Maxwell), cuya significación está parcialmente especificada por un conjunto de referencias (p. e., " i designa la intensidad de la corriente"); dicho brevemente, el concepto de campo electromagnético (no su correlato) se define como aquello que satisface una determinada teoría. Definiciones de este tipo se usan frecuentemente en la matemática. Pero si hay que usarlas en la ciencia factual debe añadirse una prevención, a saber, que la definición de un concepto mediante esta técnica no debe considerarse como descripción del correlato del concepto. Y aún otra cautela debe tomarse, a saber: que ninguna teoría factual puede suministrar más que una definición temporal y contextual (parcial, por tanto) de su concepto-clave; un cambio de la teoría puede suponer una modificación de dicho concepto. Esta situación no tiene paralelismo exacto en la ciencia formal, pues en ésta el objeto de la investigación coincide con su concepto-clave.

Podemos atender ahora a ciertos importantes equívocos relativos a la naturaleza y la función de la definición en la ciencia. El primero es la

creencia en que no debería empezarse ninguna investigación antes de tenerse definido su objeto. Según esto, por ejemplo, una investigación sobre las costumbres de los sinsontes por lo que hace a los hábitos de nidación debería empezar con las definiciones de "sinsonte", "hábito" y "nido" porque —tal es el sentido de esa tesis— en otro caso no sabríamos de qué estamos hablando. Esta exigencia es, naturalmente, absurda, ya por la mera circunstancia de que (i) no podemos definir los términos más importantes, a saber, los que funcionan como sillares básicos (los conceptos primitivos), y (ii) muchas veces partimos con conceptos vagos que se dilucidan gradualmente a través de la investigación misma, y esto no podría ocurrir si el lenguaje de la ciencia tuviera que estar listo desde el primer momento. Lo que seguramente pensaban los sostenedores de la regla criticada es que el objeto de la investigación tiene que identificarse desde el comienzo. Y es claro que si se pide a uno que nunca ha visto a un sinsonte (que es el pájaro también llamado arrendajo) que estudie sus hábitos de nidación, no será capaz de conseguir mucha información segura. Pero la identificación no tiene por qué basarse en la definición: puede practicarse la identificación con la ayuda de descripciones y de pruebas empíricas.

Otro error muy difundido consiste en pensar que cualquier ecuación puede servir para definir a uno de los miembros de la fórmula. El siguiente contraejemplo mostrará que esto no es así: " $3\sqrt{9}$ " no se aceptará como definición de "3", ni tampoco lo será " $3 = \log_2 8$ ", aunque ambas ecuaciones son verdaderas. Si deseamos una definición de "3" tenemos que empezar por elegir algún sistema aritmético en el cual se presente "3", y averiguar cuáles son las nociones primitivas específicas (extralógicas) de esa teoría. Una vez identificadas dichas nociones, los símbolos definidos se introducen ordenadamente —de un modo, sin embargo, que puede ser distinto en otra teoría. Por ejemplo, en la teoría de Peano introduciríamos "3" por medio de la cadena de definiciones: " $1 =_a S0$ ", " $2 =_a S1$ ", " $3 =_a S2$ "; pero sería posible sin inconveniente cambiar la definición, y hasta tomar a "3" como concepto primitivo. Lo mismo exactamente hay que hacer en cualquier teoría factual axiomatizada: sólo después de enumerar los conceptos primitivos y las fórmulas primitivas (o sea, los axiomas) de la teoría podemos emprender la tarea de determinar el estatuto que un determinado concepto tiene en la teoría. Es absurdo proceder arbitrariamente, sin tener presente un contexto bien determinado, porque los estatutos de primitivo o definido son asignados por la teoría en su conjunto, no por ninguna fórmula aislada y arbitrariamente elegida de entre las de la teoría. En resolución, las ecuaciones no suministran normalmente definiciones, a menos que se trate de ecuaciones definitorias; en general, las ecuaciones no permiten más que sustituciones y cálculos. Este punto tiene la importancia suficiente como para que le concedamos una discusión más detallada.

Las magnitudes, como la velocidad y la densidad de masa, presentan problemas propios. La velocidad media puede definirse como el cociente de la distancia por el tiempo empleado (por algún objeto material) en recorrerla.

O sea,

$$v = ar \frac{d}{t} \quad [3.6]$$

Es claro que no podemos dividir conceptos, a menos que sean números o funciones. Lo que sometamos a operaciones aritméticas son las variables numéricas (o valores) de las magnitudes. O sea, los símbolos que se presentan en [3.6] no designan a los conceptos de velocidad media, distancia y masa, sino a sus respectivos valores numéricos. Cuando calculamos o medimos velocidades con ayuda de la fórmula [3.6] no usamos los conceptos completos que subyacen a la fórmula sino tan sólo sus componentes numéricas. El caso de la densidad es similar con una diferencia, y es que no se la define sino que se la adopta como concepto primitivo o no definido. Lo que sí se define es la masa total de un cuerpo, a saber, como la integral de la densidad puntual sobre todo el volumen ocupado por el cuerpo.

Para fines teóricos [3.6] es insuficiente; necesitamos el concepto, mucho más fuerte y básico, de velocidad en un instante. [3.6] no satisface esta necesidad porque la duración de un instante es nula, y no hay división por cero. Se utiliza por esto la definición de velocidad instantánea como la derivada de la distancia respecto del tiempo. Este concepto más general permite formar el concepto de velocidad media como concepto derivado. Cuando el movimiento es uniforme, la velocidad media coincide con la instantánea; en todos los demás casos los valores de una y otra magnitud son diferentes entre sí. Los valores medidos de las velocidades son siempre valores de velocidades medias; las velocidades instantáneas deben suponerse, u obtenerse a partir de hipótesis referentes a trayectorias. Este hecho basta para refutar la tesis operacionista según la cual todos los conceptos debieran "definirse" mediante operaciones de laboratorio tales como mediciones.

La definibilidad del concepto de velocidad media en términos del concepto de velocidad instantánea implica que el primero puede dejarse de lado para fines teóricos. Pero es indispensable para fines experimentales, así como para comparar los resultados del cálculo con los de la medición. En efecto, el experimentador no maneja instantes sino períodos. Con el concepto de densidad ocurre otro tanto: el experimentador manipula

cuerpos extensos, no puntos materiales: mide densidades medias, no densidades puntuales. (Lo mismo ocurre con muchas otras magnitudes.) Los dos conceptos son pues necesarios y, además, están relacionados, tanto conceptualmente como por la operación de medir. Esta última suministra un puente entre ambos conceptos, puesto que al medir la densidad media se obtiene una *estimación* o valor aproximado (para un volumen suficientemente pequeño) de la densidad en un punto, valor éste empíricamente inaccesible aun cuando se supone que existe. La relación entre las variables de ambos conceptos de densidad es:

Valor de la densidad del cuerpo en un punto x = valor medido de la densidad del cuerpo en un volumen que contiene a x , [3.7]

donde '=' simboliza la igualdad aproximada. Esta situación es corriente en la ciencia y en la técnica: a menudo se necesitan dos conceptos de una determinada magnitud, uno en bruto y el otro afinado, para la experiencia el primero y para la teoría el segundo.

La discusión anterior permite obtener las conclusiones siguientes. En primer lugar, *no todas las magnitudes son definibles en un contexto dado*: algunas deben tomarse como primitivas o no definidas. (Sin embargo, 'indefinido' no significa 'indeterminado' o 'impreciso'. En toda teoría bien constituida, los conceptos primitivos o no definidos se caracterizan en forma inequívoca mediante postulados.) En segundo lugar, *nunca calculamos magnitudes*: cuanto hacemos es calcular sus valores numéricos. Así, cuando calculamos la masa m a partir de la fuerza f y de la aceleración a mediante la fórmula de Newton " $m = f/a$ ", lo que hacemos es someter a cálculo las variables numéricas o cantidades f y a , o sea, los valores de las respectivas funciones. Esta es una de las razones por las cuales la segunda ley newtoniana del movimiento no puede usarse para definir el concepto de masa en términos de los conceptos de fuerza y aceleración. (La otra razón es que, como puede demostrarse rigurosamente, en la mecánica de Newton el concepto de masa es primitivo.) Nuestra tercera conclusión es que, en rigor, *nunca medimos magnitudes plenas*, sino sólo sus valores numéricos. Lo que no debiera ser deplorado sino por quienes confunden el cálculo y la medición con la definición.

El tercer error que debemos enfrentar se refiere al modo adecuado de introducir *conceptos disposicionales*, como "visible" o "soluble", es decir, conceptos que denotan propiedades y relaciones potenciales más que actuales. La doctrina recibida al respecto es que el modo de introducir esos términos consiste en usar un enunciado bilateral de "reducción" de la forma que es característica de las definiciones condicionales, o sea:

" $C \rightarrow (A \leftrightarrow B)$ ", o, en el caso de que A , B y C sean, los tres, predicados monádicos relativos a la misma variable individual x ,

$$(x) [C(x) \rightarrow (A(x) \leftrightarrow B(x))] \quad [3.8]$$

La interpretación operacionista de esta fórmula es del siguiente tenor: "Para todo x , si x está sometido a la condición experimental C (por ejemplo, sumergido en agua), entonces se atribuye a x el atributo A (p. e., solubilidad) si y sólo si x presenta el comportamiento B (p. e., se disuelve)". El motivo de esta propuesta sobre la introducción de términos disposicionales es la receta empirista de que todos los predicados deben introducirse por referencia a procedimientos empíricos. Enunciados como [3.8] producirían la "reducción" del nuevo concepto introducido, A , a los predicados observacionales B y C .

Este es un buen ejemplo de problema artificial, típico de filosofías de la ciencia que no se fijan de verdad en la ciencia real. Es un problema artificial porque los científicos no suelen perder el tiempo con la quimera de reducir términos teóricos a términos preteóricos, y porque eluden la tarea de afinar directamente términos cualitativos como 'soluble'. Lo que hacen, en vez de eso, es construir conceptos teóricos cuantitativos, como "grado de solubilidad" (o de "acidez", "conductividad", "permeabilidad", etcétera). Los correspondientes conceptos cualitativos se definen luego —si se definen— a base de los conceptos cuantitativos y más fuertes. En el caso de la solubilidad puede efectivamente establecerse la siguiente cadena de definiciones:

- (1) *Solubilidad* (de la sustancia x en el disolvente y a la temperatura y presión p) = *concentración* (de x en una solución saturada de y a t y p).
- (2) x es soluble (en y_0 a t_0 y p_0) = *si* [*Solubilidad* (de x en y_0 a t_0 p_0) $> s_0$].

En esta última definición el subíndice ' s_0 ' indica un valor particular —o, más precisamente, un intervalo— de la variable numérica a la que afecta; en particular, ' s_0 ' es un valor convencional del grado de solubilidad. La magnitud "concentración", que aparece en la primera definición, se dilucida a su vez de un modo particular mediante una definición explícita.

Cosa parecida ocurre con todos los conceptos de disposición que no se toman como primitivos. Por ejemplo, en la teoría del magnetismo el concepto de disposición "magnético" se introduce a base de la permeabilidad absoluta, cuya variable numérica se define a su vez por:

" $\mu = {}_{\alpha} B/H$ ", siendo B y H nociones primitivas de la teoría de Maxwell. Una vez definida de ese modo la variable numérica de la permeabilidad, el concepto de disposición "magnético" se define a su vez del modo siguiente: " x es magnético $\leftrightarrow$ la permeabilidad de x es mucho mayor que la unidad". Aquí también todos los términos definientes son cuantitativos.

De todo lo que hemos visto se desprenden las siguientes lecciones. En primer lugar, que en vez de intentar laboriosamente afinar conceptos cualitativos, los científicos pueden preferir la introducción de un concepto cuantitativo más fuerte. En segundo lugar, que en vez de intentar dilucidar conceptos con referencia objetiva mediante conceptos antropocéntricos (como "condición experimental C " y "comportamiento observado B "), según la exigencia de ciertos filósofos, los científicos intentan construir dilucidaciones con la ayuda de conceptos que refieren a objetos físicos. Tercero, que el proceso de precisión de los conceptos no siempre va de lo cualitativo a lo relacional y lo cuantitativo, sino que puede también invertirse. Cuarto, que algunos conceptos de cualidades de disposición, o potencialidades, como la solubilidad, pueden reducirse a cualidades actuales, como concentración. Quinto, que la dilucidación de conceptos no se realiza en un vacío teórico: en la ciencia, las definiciones presuponen o implican leyes, y se construyen en el seno de sistemas.

No puede, pues, sorprender que las definiciones sufran el destino de las teorías y, en general, del conocimiento. La historia de las ideas científicas debería ser instructiva en este respecto, especialmente para los que creen que la definición es completamente arbitraria. Tomemos, por ejemplo, el concepto de ácido. Boyle había identificado (no definido) ácidos mediante un conjunto de reacciones: tenía *contrastaciones empíricas* y, por tanto, *criterios* de acidez, pero, como carecía de una teoría que explicara la constitución y la función de los ácidos, no pudo ofrecer ninguna definición teórica de "ácido". (Aunque, de todos modos, supo al menos no confundir sus pruebas o contrastaciones de acidez con "definiciones operacionales" de la acidez.) Lavoisier y otros, un siglo después de Boyle, intentarán aferrar la esencia de la acidez por el procedimiento de hallar algún constituyente elemental de todos los ácidos, pero fracasaron en el intento. Luego se abandonó el punto de vista sustancialista y se le sustituyó por el funcional: entonces pudo definirse "ácido" como aquello que se descompone en solución acuosa y da iones hidrógeno con carga positiva. Por último se afinó esa definición introduciendo un concepto cuantitativo de acidez que se basa en tres enunciados legaliformes. "Primera ley: 'Todas las fórmulas de ácidos son de la forma HA '. Segunda ley: 'Todos los ácidos se descomponen en la forma: $HA = A^- + H^+$ '. Tercera ley: 'En equilibrio, es constante la razón de concentración, o sea $[H^+] \cdot [A^-] / [HA]$ '. El valor de esa constante, llamado K_{HA} , se toma como grado de acidez: los ácidos fuertes se caracterizan por un valor alto de esa constante. Sobre la base de la anterior definición pueden elaborarse pruebas o contrasta-

ciones de acidez que son universales y cuantitativas: la acción está ya guiada y explicada por la teoría."

La definición de conceptos científicos no es pues siempre una tarea puramente lingüística, sino que a menudo supone teoría e información empírica, de tal modo que los cambios en una u otra pueden obligar a cambiar definiciones. Consiguientemente, las definiciones no tienen que ser sólo *formalmente correctas*, sino, además, *materialmente adecuadas*, tanto en el sentido epistemológico de que debe ser correcto sustancialmente el conocimiento que presuponen o contienen cuanto en el sentido pragmático de que las definiciones concuerden, al menos a grandes rasgos, con el uso efectivo del especialista (no necesariamente con el uso ordinario). Si tal es la situación, la lógica sola no puede pretender enunciar la naturaleza y la función de la definición en la ciencia: la cuestión tiene también aspectos epistemológicos e históricos.

En la sección siguiente discutiremos la función de la definición en la ciencia, luego de aclarar algunos problemas lógicos y semánticos un tanto delicados.

PROBLEMAS

3.3.1. Precisar el definiendum y el tipo de definición de los ejemplos siguientes:

1. $p \rightarrow q = {}_{\alpha} (p \& \neg q)$
2. $(x = \log_a y) \leftrightarrow (y = b^x)$
3. $x \neq 0 \rightarrow x^0 = {}_{\alpha} 1$
4. $(0! = 1) \& [(n+1)! = (n+1) \cdot n!]$
5. $B = \text{sen } A$, con B dado.
6. Algo es un grupo si y sólo si satisface los axiomas siguientes. [Una lista de postulados de la teoría de grupos.]
7. Un género es la suma lógica de sus especies.
8. El término 'caliente' es sinónimo de la expresión 'que tiene una temperatura alta, comparada con la del cuerpo humano'.
9. Los organismos más aptos son los mejor adaptados a su ambiente.
10. "El conocimiento es opinión verdadera" (Platón).

3.3.2. Analizar las definiciones siguientes:

1. Un instante es la frontera entre dos intervalos de tiempo o momentos.
2. $0 = {}_{\alpha} (x+y) [(x+y=x)]$.
3. "La sensación es la percepción de cosas primeras" (W. James).
4. "La significación de un término es su uso" (L. Wittgenstein).
5. "La inteligencia es eso que miden las pruebas de inteligencia" (varios psicólogos operativistas).

3.3.3. Analizar las expresiones, frecuentes en la literatura científica, 'La

función f , definida por $f(x) = y$, y 'Definimos la posición de la partícula por medio de una medición de posición'. *Problema en lugar del anterior*: Considerar una serie infinita cuyos términos particulares, a_n , son desconocidos, de tal modo que sólo se sabe la razón de dos términos sucesivos. Supóngase, además, que esa razón es constante, o sea, independiente de n : $a_{n+1}/a_n = c$. Probar qué tipo de definición suministra esa igualdad, y mostrar que basta para determinar la suma de la serie (salvo el término inicial a_1 , que queda sin determinar).

3.3.4. Los pintores y los autores de estética han discutido acerca de si el blanco y el negro son colores. Análogamente, en el pasado, discutieron los matemáticos acerca de si 0 o hasta 1 son números. Proponer un camino para superar esas discusiones. *Problema en lugar del anterior*: Se han realizado agudos experimentos para averiguar si el aprendizaje de temas conceptuales supone a la vez comprensión y recuerdo. ¿Eran necesarios esos experimentos?

3.3.5. Exponer el primer tratamiento moderno de la definición, que es el breve tratado de PASCAL "De l'esprit géométrique" [1657?], in *Oeuvres complètes*, Paris, Éditions du Seuil, 1963. En ese escrito muestra Pascal la necesidad de nociones primitivas, y critica las "definiciones reales" porque no son libres (convencionales), sino discutibles: "las definiciones se dan sólo para indicar las cosas que se nombran, no para mostrar su naturaleza" (pág. 350). *Problema en lugar del anterior*: Exponer las ideas sobre la definición formuladas por W. WHITEHEAD en el *Novum Organum Renovatum*, 3rd. ed., London, Parker, 1858, págs. 30-40, donde sostiene que muchas controversias de la historia de la ciencia han sido batallas sobre definiciones, pero que "esas controversias no han sido nunca cuestiones de definiciones aisladas y arbitrarias, como tantas veces se tiene la tentación de creer" (pág. 36). "Cuando se nos propone una definición como un útil paso del conocimiento, tenemos siempre derecho a preguntar cuál es el Principio que enuncia" (pág. 37).

3.3.6. Examinar las siguientes opiniones sobre la segunda ley newtoniana del movimiento, " $f = ma$ ". (i) La ley puede considerarse como una definición de "fuerza" a base de "masa" y "aceleración". (ii) La ley puede considerarse como una definición de "masa". (iii) La ley puede entenderse como la fuente de una "definición operativa" de la masa relativa a base de la aceleración relativa en el caso de un par de cuerpos que están en interacción con la misma fuerza, puesto que en este caso la tercera ley de Newton dice que $f_1 = -f_2$ y, por tanto, por la segunda ley, $m_1 a_1 = -m_2 a_2$, de lo que se sigue que $m_1/m_2 = -a_1/a_2$. Véase M. BUNGE, *Controversias en física*, Madrid, Tecnos, 1982.

3.3.7. Hallar una definición satisfactoria de "especie biológica" que pueda usarse como criterio de identificación inequívoca de individuos biológicos.

3.3.8. En una primera aproximación, el punto de fusión de una sustancia puede definirse como la temperatura a la cual se funde: con esto, el concepto cuantitativo de punto de fusión depende del concepto teórico de temperatura y del concepto observacional de fusión. ¿Presupone esa definición alguna ley? ¿Y qué puede decirse del hecho de que algunas sustancias no tienen un punto de fusión bien determinado, sino que se funden en intervalos de temperatura que pueden llegar a los cinco grados? ¿Deberíamos cambiar la definición

de "punto de fusión", o podemos sustituir ese concepto algo vago por otro más fuerte?

3.3.9. Examinar las llamadas *definiciones denotativas*, que consisten en nombrar algunos o todos los miembros de la extensión de un concepto, como en el ejemplo "Frege y Russell son lógicos". Admitiendo que la ejemplificación, o la numeración completa si es posible, son procedimientos de especificación de significaciones, ¿pueden considerarse definiciones? ¿Y qué condiciones tiene que cumplir una caracterización denotativa para ser exhaustiva? *Problema en lugar del anterior*: K. Menger ha propuesto definir "longitud en pulgadas", o " l_{in} ", como la clase de todos los pares $\langle x, l_{in}(x) \rangle$. Ver, por ejemplo, F. HENKEL y K. Menger, "What is Length?", *Philosophy of Science*, 28, 172, 1961. Teniendo en cuenta que el dominio C de la función " l_{in} " así definida es el conjunto de todos los cuerpos, y que el campo de valores R^+ de la función es el conjunto de todos los números reales no negativos, podemos reformular esa definición así: " $l_{in} = C \times R^+$ ". ¿Es este análisis una definición? O sea: ¿Especifica inequívocamente esa fórmula la significación de " l_{in} ", o se limita más bien a determinar su extensión total? En general: ¿Son definiciones las caracterizaciones denotativas (extensionales) de magnitudes, por exhaustivas que sean? Indicación: recordar la definición de "definición", y ver si hay exactamente una propiedad común a todos los miembros del conjunto $C \times R^+$.

3.3.10. Estudiar la relación entre definiciones y criterios, primero en la ciencia formal (por ejemplo, criterios de convergencia), y luego en la ciencia factual (por ejemplo, criterios de estabilidad). *Problema en lugar del anterior*: ¿Puede dilucidarse toda cualidad de disposición a base de cualidades actuales, invirtiendo así el primado aristotélico de la potencialidad sobre la actualidad?

3.4. *Problemas de la Definición

Consideremos ahora algunos problemas relativos a la definición. Preguntémosnos, en primer lugar, qué propiedades caracterizan a una buena definición. En las anteriores secciones hemos mencionado algunas de esas propiedades, pero ahora las contemplaremos desde otro punto de vista.

Una primera exigencia formal es que la definición sea *consistente*, internamente (autoconsistente) y con el cuerpo en que se presenta. Es claro que una contradicción puede introducirse fácilmente en una definición; en una equivalencia como " $A \leftrightarrow (B \& C)$ ", C puede ser inconsistente con B , y entonces A será falso para todo valor veritativo de B . Por ejemplo, un filósofo arcaico puede persistir en su deseo de definir 'se mueve' por 'está en reposo y no está en reposo'. Tan claro como eso es que una definición puede, sin que se vea, estar en conflicto con una parte del cuerpo de conocimiento en el que se presenta. Así, en la anterior equivalencia ' B ' puede ser " c está muerto" y ' C ', " c está pensando". La lógica permite la conjunción de esas dos proposiciones, pero la ciencia factual la prohíbe: pensar es *factualmente inconsistente* con estar muerto. En resolu-

ción: una definición correcta es consistente interna y externamente, lógica y factualmente.

En el caso de los operadores, símbolos de operación, la consistencia formal está garantizada en parte por el carácter *unívoco* de la operación, el cual, a su vez, tiene que estar asegurado por alguna fórmula anterior en el sistema (un axioma o un teorema). Supongamos que introducimos el operador ' $\neq$ ' en el conjunto de los números por medio de la definición implícita: " $(x \neq y = z) \leftrightarrow (x^2 = y) \ \& \ (z < y)$ ". Tomando $x = 2$, $y = 4$, $z = 0$, triplo que satisface el segundo miembro de la ecuación, obtenemos $2 \neq 4 = 0$ para el primer miembro. Pero también el triplo $x = 2$, $y = 4$, $z = 3$ satisface las equivalencias, y da: $2 \neq 4 = 3$. Sustituyendo en el primer resultado obtenemos entonces: $0 = 3$, caso de la contradicción general " $0 \neq 0$ ". La operación ' $\neq$ ' no es unívoca.

Otra exigencia sintáctica es que la definición explícita debe establecer identidades, o equivalencias formales, de tal modo que pueda siempre *intercambiarse* el definiendum con el definiens sin perder el valor veritativo. (Las equivalencias proposicionales, o sea, enunciados de la forma " $p \leftrightarrow q$ ", pueden interpretarse o usarse como definiciones, aunque en sí mismas no son convenciones lingüísticas; generalmente se presentan como teoremas en alguna teoría.) Así, en la aritmética de los enteros, 'El siguiente (o sucesor) de uno' puede sustituirse en toda fórmula por '2': los dos signos designan el mismo concepto. En cambio 'Dos es un siguiente de uno' no puede usarse así, porque al ser una descripción indeterminada, no establece una equivalencia plena.

Generalmente se enuncia una versión más fuerte de este principio de intercambiabilidad: que en toda definición definiendum y definiens deben ser libremente intercambiables no sólo sin cambio de valor veritativo (*salva veritate*), sino, además, sin alteración de la *significación*. Cuando se satisfacen esas dos condiciones —como ocurre en " $2 = 1 + 1$ "— la definición lleva a cabo simplemente una abreviación del discurso y supone la *eliminabilidad* del símbolo definido. Pero no es esta función pragmática lo que hace interesante a la definición: las definiciones son más valiosas cuando introducen *conceptos nuevos*, o sea, cuando acarrear cambios de significación. Considérese, por ejemplo, la definición del cociente de enteros a base de su producto, mediante " $x/y = z \leftrightarrow x = y \cdot z$ ": todas las ternas de tres enteros que satisfacen el miembro de la izquierda satisfacen también el de la derecha, pero en el definiendum aparece un concepto nuevo, con nuevas propiedades, que no se da en el definiens, a saber, el concepto de fracción (número racional). Consiguientemente, no impondremos a la definición la doble condición de invariancia extensional o intensional, sino sólo la primera: exigimos, pues, la intercambiabilidad en sentido extensional, no en sentido intensional. Volveremos a tratar este punto.

La contrapartida semántica de la exigencia de equivalencia extensional

o intercambiabilidad es la condición de *no-creatividad*, la cual ordena que no se introduzcan nuevas hipótesis a través de definiciones. (Pero no adoptamos la versión fuerte de la condición de no-creatividad, la cual prohíbe introducir también conceptos nuevos por medio de definiciones.) Dicho de otro modo: una definición no debe aumentar el contenido de un sistema: todo el contenido de un sistema tiene que estar en sus premisas (axiomas y supuestos auxiliares, como los datos), y las definiciones tienen que limitarse a facilitar la explicación de las consecuencias lógicas de dichas premisas. Aclaremos dos malentendidos que suelen producirse a este respecto.

En primer lugar, las definiciones de una teoría se tratan, para fines de deducción, como si fueran premisas, con el mismo título que las hipótesis de la teoría; algunas ramas de un árbol deductivo pueden efectivamente ser definiciones: esas definiciones nos permiten en unos casos *reformular* premisas, y en otros construir puentes entre algunas de ellas (cfr. fig. 3.4).

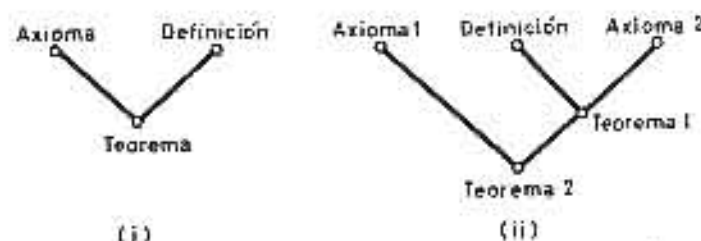


Fig. 3.4. Una situación enredada: teoremas deducidos de supuestos anteriores más definiciones, (i) Reformulación. (ii) Fuente.

Pero en todos los demás aspectos las definiciones tienen su estatuto propio, inferior al de los supuestos iniciales de una teoría (axiomas).

En segundo lugar, los axiomas de una teoría contribuyen a dilucidar la significación de los conceptos básicos (primitivos) de la teoría, pero esto no quiero decir que los axiomas de una rama de la ciencia, como la mecánica, no sean más que *definiciones disfrazadas*, como sostiene el convencionalismo. Si así fuera, los axiomas no podrían entrar en contradicción con la experiencia, ni tendría interés el intentar corregirlos y mejorarlos, y la historia de la ciencia, en una palabra, se parecería mucho al shakespeariano sueño de un idiota. Por lo demás, toda fórmula puede usarse para especificar parcialmente la significación de algunos de los términos que se presentan en ella, pero lo decisivo es que no toda especificación de significación es ya una definición. Así, el enunciado singular "Este es un libro de metaciencia" puede usarse para especificar la significación de 'metaciencia', pero no es una definición, puesto que no establece una equivalencia entre signos (el enunciado es una referición). Dicho brevemente: los postulados y las definiciones no son intercambiables, pero un postulado

extralógico hace algo más que dar información acerca del mundo: también iluminará un tanto la significación de los términos que se presentan en la sentencia que lo expresa.

W. V. O. Quine y N. Goodman han propuesto un ingenioso expediente por el cual las proposiciones sintéticas (o sea, los axiomas de una teoría factual) pueden aparentemente eliminarse en favor de definiciones. Supongamos que tenemos una teoría sobre flujos o el fluir del calor. Esa teoría contiene una primitiva extralógica " F " que tiene la estructura de una relación diádica. La significación de " F " puede especificarse del modo siguiente: si dos objetos cualesquiera, x e y , están en la relación F —o sea, si vale $F(x, y)$ — entonces fluye calor de x a y , y si vale $\neg F(x, y)$, entonces no fluye calor de x a y . Postulemos ahora que hay pares de cuerpos tales que entre ellos no fluye calor:

$$(\exists x)(\exists y) [\neg F(x, y) \ \& \ \neg F(y, x)] \quad \text{Postulado de existencia} \quad [3.9]$$

Este axioma garantiza que existe cierto conjunto no vacío, a saber, el conjunto de los pares de cuerpos entre los cuales no fluye calor. Este supuesto fundamenta o justifica la introducción del concepto de equilibrio térmico, designado por el predicado diádico " E ":

$$E(x, y) =_{\text{def}} \neg F(x, y) \ \& \ \neg F(y, x) \quad \text{Definición} \quad [3.10]$$

Ahora fijamos olvidar el postulado de existencia [3.9] e iniciemos el siguiente razonamiento. En vez de considerar a " F " como noción primitiva, arrancamos de " E ". Luego postulamos que E es simétrico, es decir, afirmamos la ley siguiente:

$$(x)(y) [E(x, y) \rightarrow E(y, x)] \quad \text{Ley} \quad [3.11]$$

Por último observamos que este postulado es redundante: efectivamente, la simetría de E se sigue de la definición [3.10], como puede verse fácilmente intercambiando x e y en ella y recordando que la conjunción es conmutativa. A primera vista concluimos, pues, que la ley [3.11] puede sustituirse por la definición [3.10], y que las correspondientes técnicas de contrastación empírica pueden sustituirse por operaciones con papel y lápiz. Con paciencia podríamos así reformular el conjunto de la ciencia factual como un conjunto de definiciones.

Si esa argumentación no tuviera fallos, se violaría el principio de no-creatividad y, cosa más importante, se podría reconstruir la ciencia factual de tal modo que no se necesitarían ya contrastaciones empíricas: bastaría con comprobar en cada caso la corrección lógica. Y como esta consecuencia parece muy inverosímil, pensamos que algo debe fallar en aquel procedimiento. ¿Qué es lo que falla? Simplemente, que [3.11], separado de las consideraciones anteriores, no es una ley física, sino una fórmula vacía; sólo un postulado de existencia que garantice que el concepto " E " tiene

un correlato real (una extensión no vacía) puede hacer de [3.11] un postulado extralógico. Un tal postulado de existencia podría ser " $(\exists x)(\exists y) E(x, y)$ ", o, aún más brevemente, " $E \neq \phi$ ", el cual, en virtud de la definición [3.10], equivale al postulado [3.11]. (En la Secc. 6.4 mostraremos que a toda fórmula universal hay que añadir un postulado de existencia para conseguir una ley universal.) Inferiremos de esto, en primer lugar, que las generalizaciones aisladas, no fundamentadas por enunciados existenciales (explícitos o tácitos), pueden sustituirse por definiciones, pero que tales enunciados no son postulados extralógicos (leyes, por ejemplo) en sentido propio. En segundo lugar, que ningún término debe introducirse arbitrariamente en la ciencia, ni como símbolo primitivo ni como símbolo definido: el término debe cumplir una útil función sintáctica o tener una denotación posible, es decir, un correlato real posible. (Como es natural, esta exigencia no se aplica a juegos lingüísticos.)

Otra exigencia semántica es que la connotación (intensión) del término definido debe casar con su denotación (extensión). Por ejemplo, si se establece una definición de "espíritu", no debe ser aplicable a ostras ni a calculadoras, porque ni unas ni otras tienen funciones mentales. No es éste un punto de uso o convención, sino de teoría: si nos negamos a atribuir espíritu a las ostras y a las calculadoras no es a causa de una costumbre lingüística, no es por razones pragmáticas, sino porque las ostras y las calculadoras carecen del órgano de las funciones mentales, el cerebro. Y esta observación roza ya la próxima exigencia.

Una tercera exigencia semántica se refiere a las definiciones que amplían la significación de un término ya en uso: el concepto generalizado debe reducirse al más estrecho cuando se está en el campo propio de éste. Por ejemplo, si se definen "temperatura" y "entropía" para estados que no son de equilibrio, esos conceptos ampliados tienen que coincidir con los de temperatura y entropía para estados de equilibrio. La exigencia que consideramos es una especie de principio de correspondencia para conceptos, y regula su generalización. (Para el concepto de generalidad de un concepto, cfr. Secc. 2.3.) Con esto basta por lo que hace a exigencias semánticas puestas a la definición.

Un importante requisito pragmático es la exigencia de que la definición sea fecunda, ya porque ahorre tiempo (fecundidad práctica), ya porque establezca relaciones entre conceptos y contribuya así a la sistematicidad (fecundidad teórica). Supongamos, por ejemplo, que en vez de las definiciones (implícitas) de las funciones trigonométricas básicas —" $\text{sen } \theta = \text{ady}/r$ " y " $\text{cos } \theta = \text{ax}/r$ "— propusiéramos algunos de los siguientes pares:

$$\text{sen } \theta =_{\text{def}} 2^{-\frac{1}{2}} (x \pm y) \quad \text{sen } \theta =_{\text{def}} 2^{-\frac{1}{2}} (x \pm iy) \quad [3.12]$$

$$\cos \theta = \frac{1}{2} (x + y) \quad \cos \theta = \frac{1}{2} (x + iy)$$

con $i = \sqrt{-1}$. Los cuatro pares de definiciones satisfacen las condiciones formales de consistencia, intercambiabilidad y no-creatividad. Además son consistentes con el teorema de Pitágoras, " $x^2 + y^2 = 1$ ", supremo principio de la trigonometría plana. Por último, son fecundos en un sentido trivial: dan origen a cierto número de teoremas análogos a los de la trigonometría plana corriente. Pero las cuatro nuevas teorías formadas con las nuevas definiciones y el teorema de Pitágoras, aunque formalmente correctas e isomórficas con la teoría corriente, dejarán de alcanzar el objetivo interesante de esta última, que consiste en relacionar y calcular ángulos a base de los lados de triángulos rectángulos.

Otro ejemplo: supongamos que unos físicos han decidido dar un nombre especial a la expresión " $mv^3/2$ ". Su decisión no estaría justificada, porque esa expresión no desempeña papel alguno en ninguna teoría fundamental, aunque acaso se presente en alguna aplicación. En cambio, tienen nombres especiales los conceptos de momento lineal, " mv ", y de energía cinética, " $1/2 mv^2$ "; éstos son conceptos fecundos, y por eso lo son también las correspondientes definiciones. Son fecundos porque se presentan en enunciados legaliformes de teorías fundamentales y denotan propiedades físicas. La ciencia no da uso alguno a un símbolo que no realice ninguna función sintáctica ni designe una propiedad. En sustancia: las definiciones no se construyen por capricho, sino para hacer frente a determinadas necesidades teóricas o prácticas.⁹

Establezcamos, por último, una condición que tiene alcance ontológico y metodológico, a saber: Siempre que sea posible, debe *definirse lo superior por lo inferior o igual*. Ejemplo: no se deben definir conceptos físicos a base de conceptos fisiológicos o psicológicos. Consideremos la siguiente definición de "gas": "Un cuerpo es un gas [o es gaseoso] si y sólo si no afecta a nuestro sentido del tacto ni a nuestra percepción muscular, pero puede ser percibido inhalándolo en ausencia de aire". Esta definición es formalmente correcta y didácticamente útil, pero no es aceptable en física, porque es antropocéntrica: reduce una propiedad de nivel bajo a un conjunto de propiedades de alto nivel (cualidades sensibles o secundarias). Desde el principio mismo de la época moderna ha sido una condición tácita de las definiciones científicas la de que el estatuto ontológico del definiens sea más bajo o igual que el del definiendum. Esta exigencia tiene un sustrato naturalista, lo que muestra una vez más que en la ciencia las definiciones no son siempre puras convenciones lingüísticas, y que la ciencia no es filosóficamente neutra.

Este último requisito no se refiere al estatuto epistemológico de los términos relacionados por la definición. El definiens no tiene por qué ser más inmediato, menos abstracto epistemológicamente que el definiendum.

El definiens debe estar más cerca de la experiencia o del conocimiento común que el definiendum sólo en el caso de que la definición se formule con fines predominantemente didácticos, es decir, cuando se usa principalmente como *explicación de la significación*. (Y la atención exclusiva a esta función psicológica de la definición es una fuente de equívocos.) Pero cuando "agua" se define como la sustancia cuya fórmula de composición es " H_2O ", desde el punto de vista epistemológico se está definiendo un concepto de bajo nivel por términos de nivel alto. Las definiciones nos permiten unas veces subir por la escala de la abstracción, y otras veces bajar por ella. Esto muestra que, aunque el definiendum es lógicamente equivalente al definiens, no es necesario que haya equivalencia epistemológica entre ambos. Según esto, la intercambiabilidad de definiendum y definiens (exigencia sintáctica) no implica la *eliminabilidad* del símbolo definido: ambos términos pueden ser necesarios para fines distintos.

Necesitamos el término "agua" para tratar con la experiencia, y necesitamos el término "sustancia cuya fórmula de composición es " H_2O " para entender la experiencia; y necesitamos la equivalencia establecida por la definición para vincular la teoría con la experiencia. Por otra parte, el enunciado "El agua es la sustancia cuya fórmula de composición es " H_2O " puede considerarse ya como una definición nominal, ya como una "definición real", o sea, como una caracterización: en el primer caso "agua" (el concepto) es el verdadero tema, mientras que en el segundo caso lo es la sustancia agua. La proposición puede entenderse como equivalencia entre dos conceptos o como una hipótesis que podría ser falsa —y que sin duda habría sido considerada falsa en los comienzos de la química moderna, cuando se creía que la fórmula del agua era " HO ". En general, la real naturaleza de un enunciado no depende sólo de su estructura y de su correlato, sino también de la función que realiza, y ésta depende a su vez de los objetivos del que lo usa.

Consideremos el concepto de momento lineal, introducido en la mecánica newtoniana mediante la definición explícita: " $p = mv$ ". Sintácticamente, " p " pueda intercambiarse siempre con " mv " (mientras nos limitemos a coordenadas cartesianas). Pero " p " no puede *eliminarse*, porque tiene su propia significación: se presenta por sí mismo en la ley de conservación del momento lineal, y en algunos casos el valor numérico de p puede medirse directamente, o sea, independientemente de mediciones de masa y de velocidad; así ocurre, por ejemplo, en el caso de una partícula cargada en un campo magnético. Necesitamos los tres conceptos, " m ", " v " y " p ", cada uno por derecho propio, porque refieren a distintas propiedades de sistemas físicos. Así, por último, lo confirma el hecho de que, en teorías más generales, aparece un concepto nuevo y más general de momento lineal, que se introduce independientemente de v .

Da, pues, lugar a una mala comprensión de la definición el interpretar la intercambiabilidad de conceptos como *eliminabilidad* de su mitad al

menos. En realidad, todo el sentido de la definición es introducir *símbolos* nuevos (los cuales a veces designan conceptos nuevos) de tal modo que no se produzcan *fórmulas nuevas* (de acuerdo con el principio de no-creatividad). Así podemos siempre intercambiar las fórmulas " $x - y = z$ " y " $x = y + z$ ", y efectivamente usamos esa equivalencia para definir (implícitamente) la sustracción a base de la adición. Pero la equivalencia formal de los enunciados no anula la introducción del *nuevo concepto* de número negativo —y ésta es la razón por la cual nos molestamos en formular la definición, es decir, para introducir formalmente ese nuevo concepto. Los números negativos no son eliminables simplemente porque sean definibles mediante números positivos, sino que enriquecen sustancialmente la clase de los números, primero por su propia presencia, y luego permitiendo llegar (junto con la operación de raíz cuadrada) a los números imaginarios. Lo único de que se puede prescindir teóricamente (no pragmáticamente) es de la *operación* sustracción. Una vez introducido un concepto nuevo, como concepto primitivo o por medio de una definición, puede adquirir "vida" propia y puede abrir toda una nueva rama de la investigación.

Ahora podemos ya precisar el lugar de la definición en la ciencia. Las definiciones no son ni tan importantes como antes se creía ni meras trivialidades, como sostiene la doctrina de la eliminabilidad. Las funciones de la definición en la ciencia parecen ser principalmente:

(i) *Formación (introducción) de signos nuevos*. Esto puede hacerse principalmente con el objeto de abreviar o simplificar expresiones, como cuando '&' se usa a título de abreviatura de 'y', especialmente en longas en las que esta copulativa es una palabra más larga; o como cuando '↔' se usa para abreviar 'si y sólo si'. La economía notacional que se consigue de este modo nos permite captar mejor los conceptos complejos como unidades; piénsese, por ejemplo, en la ventaja psicológica que supone poder trabajar con ' $P_n(x)$ ' en vez de con ' $a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_0$ '.

(ii) *Introducción formal de conceptos nuevos* sobre la base de conceptos viejos. Piénsese en la infinidad de conceptos engendrados por los dos únicos conceptos básicos (primitivos) "cero" y "siguiente" (o bien "cero" y "+1").

(iii) *Especificación de significaciones*: definir es un modo de determinar la significación de términos que pueden haberse usado ya antes presistemáticamente. No es el único procedimiento, ni siquiera el mejor, si se le compara con la construcción de una entera teoría que contenga dicho concepto aclarado; pero es un procedimiento eficaz.

(iv) *Interrelación de conceptos*: vinculando conceptos, la definición contribuye a la organización o sistematización del conocimiento.

(v) *Identificación de objetos*: junto con las descripciones (especialmente las "definiciones reales"), las definiciones suministran criterios para identificar objetos. Así, para averiguar si un número dado es múltiplo de 7, lo

dividimos por 7 y vemos si resulta un entero, usando así la definición de múltiplo de 7.

(vi) *Higiene lógica*: la ambigüedad y la vaguedad pueden reducirse si se definen los términos. Pero, como es natural, las definiciones no pueden eliminar la ambigüedad y vaguedad que esté ya en los símbolos primitivos.

(vii) *Simbolización precisa* de ciertos conceptos y, consiguientemente, análisis exacto de los mismos. Las definiciones pueden usarse para simbolizar conceptos huidizos, como el de existencia formal. Así podemos decir que x *existe formalmente* en el sistema S (lenguaje o cuerpo de conocimiento) si y sólo si x es primitivo (símbolo o fórmula) en S o x satisface una definición $D(x, S)$ en S :

$$x \text{ existe en } S =_{df} x \text{ es primitivo en } S \vee D(x, S) \quad [3.13]$$

En esa fórmula hemos utilizado la idea de que la *definibilidad* es *relativa* a un sistema o contexto, más que inherente al definiendum. Las nociones primitivas de un sistema son indefinibles en él, pero pueden ser definidas en otros sistemas. Esta obvia trivialidad ha sido negada por filósofos como G. E. Moore, los cuales sostienen que hay términos absolutamente indefinibles, a saber, los que designan aspectos de la experiencia inmediata, como 'amarillo' y 'bueno'. La tendencia teórica que subyace a esa actitud es el sueño de construir el mundo a partir de primitivas experienciales. En otros lugares mostramos que esto no es más que una pesadilla (Seccs. 2.6, 3.7, 5.4, 8.1, 8.5, etc.); la tesis de la indefinibilidad absoluta es errónea, y precisamente respecto de la amarillez y bondad, como puede verse por el hecho de que esos conceptos pueden ser definidos en contextos distintos del conocimiento ordinario. Por ejemplo, 'amarillo' puede definirse en óptica fisiológica como el predicado que designa la sensación producida en el ojo humano por ondas electromagnéticas de una determinada longitud; y 'bueno' puede definirse, en el contexto de la teoría del valor, como lo estimado positivamente. Lo cierto es (i) que esos términos son primitivos en el lenguaje ordinario, y (ii) que una definición de 'amarillo' no será de ninguna utilidad al que sea ciego para los colores, porque no por ella conseguirá tener la experiencia del amarillo, del mismo modo que la definición de 'bueno' no servirá para nada al que sea ciego para los valores, caso de existir tales individuos. Las definiciones no pueden sustituir a la experiencia, ni suministran nuevo conocimiento (como no sea psicológicamente); pero tampoco lo pretenden, aunque contienen cierta experiencia y alguna consciencia de dicha experiencia. Proclamar la indefinibilidad absoluta de determinados términos, o sea, la imposibilidad de definirlos en ningún contexto, es mero dogmatismo. La definibilidad es relativa al contexto, y la indefinibilidad tiene que probarse antes de proclamarse; por lo demás, puede efectivamente probarse mediante la técnica de Padoa para demostrar la independencia de los conceptos (cfr. Secc. 7.6).

Con esto termina nuestro estudio de la definición; nuestra inmediata tarea es ahora el estudio de la interpretación y de los procedimientos de interpretación, que son las referencias.

PROBLEMAS

3.4.1. Completar con ayuda de manuales de lógica la lista de condiciones de la definición correcta establecida en el texto, y justificar dichas condiciones.

3.4.2. Examinar la regla "Emplécese todo discurso con la definición de los términos-clave", o la regla más débil "No dejar sin definir ningún término básico".

3.4.3. Examinar las llamadas definiciones reales, o sea, caracterizaciones de objetos mediante la enumeración de cierto número de propiedades suyas. ¿Son definiciones? ¿Y suministran la esencia del objeto al que se refieren?

3.4.4. Analizar las "definiciones" por condiciones necesarias y las "definiciones" por condiciones suficientes, con especial referencia a "viviente" (enfrentado con "inerte") y a "hombre" (enfrentado con "autómata"). ¿Satisface la exigencia de intercambiabilidad? Aplicar el resultado de ese ejercicio a un análisis del siguiente enunciado del biólogo G. WALD en "Innovation in Biology", *Scientific American*, 199, núm. 3, 1958, pág. 113: "Hace mucho tiempo que se convenció la biología de que no es útil definir la vida. Lo malo de esas definiciones es que siempre puede construirse un modelo que satisface la definición y que, sin embargo, no es un ser vivo". *Problema en lugar del anterior*. Averiguar cuáles son las condiciones de la definición correcta que no son satisfechas por las definiciones de trabajo (cfr. Secc. 2.3).

3.4.5. ¿Afectan las definiciones a signos o a conceptos? *Problema en lugar del anterior*. ¿Son las definiciones nominales pragmáticamente arbitrarias (por ejemplo, inmotivadas)?

3.4.6. Examinar la doctrina según la cual una definición es una convención puramente lingüística que no presupone ni contiene conocimiento y cuya única función es contribuir a la claridad y precisión del lenguaje y a la economía del discurso. Explorar el origen de esta doctrina hasta el *De Corpore* (1655) de T. HOBBES, y averiguar si era superior a su contraria, la doctrina aristotélica.

3.4.7. A menudo se considera que la sinonimia es reducible a la definibilidad. O sea: a menudo se afirma la equivalencia " x es sinónimo de y si y sólo si x es definible por y o y es definible por x ". ¿Es esto coherente con la idea de que "sinonimia" es un concepto semántico, mientras que "definibilidad" es un concepto sintáctico? *Problema en lugar del anterior*. ¿Son las equivalencias definiciones? ¿O subyacen meramente a algunas definiciones?

3.4.8. Examinar la doctrina convencionalista de que los axiomas de la física son definiciones disfrazadas, y, por tanto, convencionales y empíricamente in-contrastables. Cfr. H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, Chap. VI; L. LE ROY, "Un positivisme nouveau", *Revue de métaphysique et de morale*, 9, 143, 1901, y P. DUBREIL, *The Aim and Structure of Physical Theory* [original francés 1914],

New York, Atheneum, 1963, págs. 208 ss. *Problema en lugar del anterior*: Examinar W. V. O. QUINE and N. GOODMAN, "Elimination of Extra-Logical Postulates", *Journal of Symbolic Logic*, 5, 104, 1940, y W. V. O. QUINE, "Implicit Definition Sustained", *Journal of Philosophy*, LXI, 71, 1964.

3.4.9. La ley de Ohm, " $e = Ri$ ", vale aproximadamente para un circuito metálico alimentado por pilas y a temperaturas ordinarias. En esa fórmula, R es una constante característica de cada clase de conductor, y se llama la resistencia eléctrica del material. La definición corriente de " R " se hace precisamente por medio de la ley de Ohm, o sea, así: " $R =_{df} e/i$ ". Recuerdese que en esta última fórmula " R " no tiene más papel que el de ser una abreviatura de " e/i ". ¿Por qué interpretamos el signo " R " como signo que denota la propiedad física de resistencia? ¿Está suministrada esa interpretación por la definición? ¿Nos permite la definición prescindir del concepto de resistencia?

3.4.10. Informar acerca de desarrollos recientes de la teoría de la definición. Cfr. particularmente A. TARSKI, "Some Methodological Investigations on the Definability of Concepts", 1934, in *Logic, Semantics, Metamathematics*, Oxford, At the Clarendon Press, 1956; K. L. DE BOUVÈRE, *A Method in Proofs of Undecidability*, Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1959, y M. BONGER, *Interpretation and Truth*, Dordrecht, Reidel, 1974. *Problema en lugar del anterior*: ¿Puede convertirse toda definición implícita en una definición explícita? Cfr. A. ROBINSON, *Introduction to Model Theory and to the Metamathematics of Algebra*, Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1963, páginas 117-118.

3.5. Interpretación

Interpretamos un hecho cuando lo explicamos, e interpretamos un signo artificial (símbolo) cuando averiguamos o estipulamos lo que significa en un determinado contexto. Y un signo artificial significa —si es que significa— lo que representa, o sea, su designatum. El designatum de un símbolo es, por su parte, un objeto conceptual o físico o, más en general, un conjunto de objetos. Según esto, son símbolos significativos los que designan ideas o hechos, mientras que símbolos sin-sentido son los que no designan nada. La relación de la designación puede ser unívoca o biunívoca: en el primer caso es ambigua. Cualquiera de los designata de un símbolo ambiguo puede ser llamado un sentido del mismo. Así, uno de los sentidos de "fósil" es "restos de un ser vivo", y otro es "catedrático que no quiere jubilarse". En particular, un signo unidad, o término, es significativo si designa un conjunto no-vacio; la designación es no-ambigua si el conjunto es un conjunto-unidad. Y una sentencia será significativa si representa un conjunto de proposiciones; la sentencia será ambigua a menos que represente una sola proposición, y será sin-sentido si no representa ninguna proposición.

La significación es contextual, o sea, relativa, y no intrínseca y abso-

luta. Por ejemplo, la palabra inglesa 'silly' es sin-sentido en español: en este contexto no representa ninguna idea. Pero 'silly' significa en inglés lo mismo que 'tonto' en español. Análogamente, el que una sentencia sea significativa o no depende del contexto en el cual se presenta. Así, 'La Luna está triste' es un sin-sentido en astronomía, porque la astronomía no contiene el concepto de tristeza. Pero, en poesía, en virtud de las convenciones que regulan las metáforas, la anterior sentencia es una designación ambigua de un conjunto de proposiciones, una de las cuales es "Me entristece mirar a la Luna en este momento".

Dicho de otro modo: el mismo concepto C se designa por 'silly' en inglés y por 'tonto' en español; o sea, C es la significación de s en S y la significación de e en E : $C = \text{Sig}(s, S) = \text{Sig}(e, E)$. Por otro lado $\text{Sig}(s, E) = \text{Sig}(e, S) = \phi$. En el caso de la sentencia poética s , que designa el conjunto de proposiciones p , tenemos: $p = \text{Sig}(s, P)$, pero $\text{Sig}(s, A) = \phi$. En general, para un signo s de un sistema de signos o lenguaje L , tendremos un conjunto, i , de ideas, que puede ser un conjunto vacío, correspondiente a s : $i = \text{Sig}(s, L)$. Si se cambia el contexto L , también cambiará —si la hay— la idea subyacente a s . Ni siquiera los símbolos de la lógica tienen una significación absoluta, sino que pueden tener significaciones diferentes en las diversas teorías lógicas.

Lo anterior se refiere a uno de los conceptos de significación cubiertos por el término 'significación', a saber, a uno de los términos de la relación de designación; hemos identificado, efectivamente, la significación de un signo con la idea que representa. Hay, sin embargo, otros conceptos de significación, o sea, otros sentidos de 'significación'. En la Secc. 2.3 definiremos la significación de un término como el par formado por la intensión y la extensión del concepto designado por el término. Hay un tercer concepto de significación relevante para nuestra discusión y que está relacionado con la naturaleza de la extensión. Hemos visto (Seccs. 1.4 y 2.1) que las ideas pueden ser puras o no puras: pueden ser autocontenidas o apuntar a objetos no-ideales. La idea de número es de la primera clase, mientras que la idea de átomo es de la segunda. Así pues, en un tercer sentido, un signo será significativo si y sólo si designa una idea que, a su vez, tiene un referente no-ideal; y signos sin referente serán sin-sentidos en esta acepción. Los tres sentidos de 'significación' son relevantes para la metafísica.

Por eso será conveniente introducir un cuarto concepto más general de significación que subsuma a los otros tres: un concepto que se refiera a símbolos, a las ideas que éstos representan y a los correlatos de estas últimas, si los hay. Este concepto de significación se introducirá prácticamente (no formalmente) por medio de una tabla (vid. en pág. sig.).

La clase 1 es la de los símbolos *sin-sentido*, o sea, signos que no tienen designata ni, a fortiori, correlato. La clase 2 es la de los símbolos *formalmente significativos*, o sea, los signos que representan ideas lógicas o

	(1) Sin sentido	(2) Formalmente significativo	(3) Empíricamente significativo	(4) Objetivamente significativo	(5) Plena-mente significativo	(6) Relación
Signo	○	○ ↓	○ ↓	○ ↓	○ ↓	Designación
Idea (Concepto, proposición, teoría)		○ ↓	○ ↓	○ ↓	○ ↓	Referencia empírica
Experiencia			○ ↓		○ ↓	
Hecho objetivo				○ ↓	○ ↓	Referencia objetiva
Ejemplo	'Ek-sis-tencia'	'&'	'Dolor'	'Valencia química'	'Mesa'	

matemáticas. Así por ejemplo, '·' es formalmente significativo en aritmética, pues representa en ella o nombra el concepto de producto aritmético; en este caso el análisis de la significación se detiene aquí, porque el concepto "·" no refiere a ninguna operación empírica ni acontecimiento, al menos en el contexto de la aritmética. La clase 3 es la de los símbolos *empíricamente significativos*, o sea, los que designan ideas que tienen a su vez una referencia empírica; los conceptos empíricamente significativos denotan en particular experiencia o rasgos de la experiencia. Así 'espejismo' es empíricamente significativo: designa un concepto cuya denotación es un conjunto de fenómenos, pero no tiene referencia objetiva, puesto que los espejismos tienen lugar en sujetos humanos y no en el mundo físico. Obsérvese que nuestra tabla no incluye la clase de signos significativos que no designan idea alguna, como 'jay'. En la ciencia, que es un cuerpo de ideas, esos símbolos tienen aún menos uso que los sin-sentido, los cuales, como no están comprometidos, pueden recibir por convención cualquier significado. La clase 4 es la de los signos *objetivamente significativos*, pero sin significación empírica, o sea, los signos que denotan ideas acerca de hechos o de cosas que están más allá de la experiencia, pero se consideran reales. Estrictamente hablando, deberían llamarse *signos de supuesta significación objetiva*, pues no hay garantía de que todos ellos sean verdaderamente objetivos. Caen en esta clase numerosas ideas científicas. Por ejemplo, 'partícula libre' es objetivamente significativo, en el sentido de que las

teorías de las partículas libres pretenden referir a tales objetos, y que su pretensión está apoyada por el hecho de que hay valores de x para los cuales la función " x es una partícula libre" es aproximadamente verdadera. Pero 'partícula libre' no nombra ninguna clase de entidades experienciales, porque es imposible tener experiencia alguna de partículas enteramente libres: en cuanto que establecemos una conexión con ellas para obtener información dejan de ser libres; nuestra experiencia se refiere, pues, a lo sumo, a partículas aproximadamente libres. Por último, la clase 5 es la de los símbolos que son empírica y objetivamente significativos, como los nombres de clases de objetos perceptibles. Obsérvese que no hemos incluido en 4 y 5 los signos que pretenden designar objetos físicos de los que no tenemos la menor idea.

Un pleno análisis de la significación aclarará a cuál de las cinco clases anteriores pertenece el símbolo. El análisis tendrá también en cuenta que las significaciones son contextuales, en la medida en que la colocación de un determinado signo puede alterarse como resultado de la investigación. Así, un signo inicialmente sin-sentido puede recibir alguna significación: así ha ocurrido, por ejemplo, con inscripciones que inicialmente se creyeron naturales y luego se descifraron como signos de lenguaje; a la inversa, los signos aritméticos ' $'$ ' y ' $+$ ', cuando se adoptan en teorías abstractas, pierden su significación inicial y hasta toda significación específica. También el desarrollo de las técnicas de observación puede atribuir una significación empírica a un símbolo inicialmente dotado sólo de significación objetiva: piénsese en las moléculas, que hoy día son ya indirectamente visibles gracias al microscopio electrónico.

Para bien o para mal, hay que reconocer que el análisis de significación no es filosóficamente neutro. Es probable que un filósofo del lenguaje ordinario no descubra uso alguno para la significación formal ni para la objetiva: el lenguaje ordinario es un lenguaje de cosas, íntimamente enlazado con la experiencia cotidiana y muy pobre en palabras que designen ideas puras y conceptos teóricos. Y un empirista radical no hallará uso alguno para símbolos objetivamente significativos que al mismo tiempo no tengan significación empírica (clase 4). Pero estos signos son característicos de la ciencia. Tomemos, por ejemplo, la sentencia 'El sistema solar se formó hace unos cinco millones de años': estrictamente hablando, esa sentencia carece de significación empírica, puesto que no corresponde a ningún conjunto de experiencias. Sin duda podemos imaginar un observador ficticio que hubiera sido testigo del gran acontecimiento; o también podemos intentar salvar desde un punto de vista empirista esa sentencia diciendo que si hubiera existido un observador en ese momento, habría sido testigo del hecho (lo que se llama un enunciado contrafactual). Pero observadores inexistentes, y, por tanto, inobservables, no pueden impartir contenido observacional alguno a una sentencia. Y para un empirista resultaría suicida inventarse entidades sobrehumanas (o acaso sobrenaturales). Por tanto, los empiristas

coherentes tienen que exigir la eliminación de todos los símbolos sin significación empírica. Lo que ocurre es que una tal mutilación equivaldría a aniquilar a la ciencia.

No obstante, el requerimiento de significatividad empírica, pese a ser mortal en su versión extrema, tiene una raíz sana, a saber, el deseo de evitar el sinsentido y, con él, las expresiones no sometibles a contrastación. Los predicados 'significativo' y 'contrastable' están en efecto relacionados por la tesis siguiente: Si una fórmula es empíricamente contrastable, entonces es empíricamente significativa. Lo que quiere decir que la contrastabilidad es condición suficiente de la significatividad; pero no que sea necesaria. Si al mismo tiempo se afirma esto, que es la recíproca, o sea, si se declara que la contrastabilidad es condición necesaria de la significatividad empírica, se establece la equivalencia de ambos predicados, esto es, la tesis de que una sentencia es empíricamente significativa si y sólo si es contrastable. Y si se añade a eso que la significación empírica es la única que existe, se tiene al final la doctrina de la significación como verificabilidad, según la cual una sentencia es significativa (que quiero decir en este caso "empíricamente significativa") si y sólo si es verificable, o, más en general, contrastable. Pero la ecuación entre contrastabilidad y significación es desastrosa por las razones siguientes.

En primer lugar, la doctrina decreta la sinonimia de 'significación', que es un término semántico, con 'contrastabilidad', que es un término metodológico. Mas la interpretación por conceptos empíricos es anterior a la efectiva realización de contrastaciones empíricas: para planear y poner en práctica la contrastación empírica de una hipótesis, tenemos que haber descubierto previamente que esa hipótesis nos lleva al nivel de la experiencia, o sea, tenemos que haber averiguado sus implicaciones empíricas. Supongamos que un físico teórico lanza la hipótesis de la existencia de una nueva clase de partículas a las que da el nombre de epsilon. El experimentador que se disponga a contrastar esa hipótesis la utilizará, junto con elementos de teorías ya aceptadas, para trazar los experimentos o las observaciones, y determinará por tanto previamente qué tipo de resultados experimentales debe esperar en el caso que los epsilon existan efectivamente, y qué tipo de resultados si no existen. En resolución: el experimentador tiene que poseer al menos en parte la intensión del concepto "epsilon" antes de hacer sus planes para averiguar si la extensión de dicho concepto es o no es vacía; pero para que un signo sea significativo es necesario y suficiente que designe un concepto cuya intensión no sea vacía.

Otro argumento contra la doctrina de la significación como verificabilidad es que las contrastaciones afectan a enunciados enteros (o incluso a conjuntos de ellos), y no a conceptos, de tal modo que la doctrina no suministra medio alguno para especificar las significaciones de los términos y de sus designata. Podemos, en efecto, someter a contrastación la conjetura "Este líquido es un ácido", pero no "líquido" ni "ácido". Como a las ope-

raciones sólo pueden corresponder enunciadas, la exigencia (hecha por el operativismo) de que todo concepto esté relacionado con un conjunto de operaciones —y a ser posible de mediciones— es irrealizable.

La confusión entre contrastabilidad, significación empírica y significación objetiva es en gran parte la causa de la presente controversia acerca de los fundamentos de la mecánica cuántica. Tomemos, por ejemplo, la frase 'El electrón se encuentra en el lugar x en el momento t '. De acuerdo con la doctrina de la significación como verificabilidad, que sigue teniendo éxito entre los físicos, la frase carece de significación mientras no se realice efectivamente una medición de posición en el momento t , tal que localice al electrón en x o no lo localice. Dicho de otro modo: la significación de la frase quedaría decidida por la operación planeada para contrastarla. Este es un claro caso de confusión entre significación y contrastación. La frase tiene una significación objetiva en todo momento; aún más, pese a no ser empíricamente significativa, implica consecuencias observacionales y es, por tanto, empíricamente significativa de un modo indirecto, a saber, en la medida en que no se entiende como relativa a una sola partícula aislada, por eso podemos averiguar en qué condiciones es contrastable. La situación sería diversa si lo discutido fuera el concepto de posición oculta, o posición en sí misma (no perturbada por el experimento): una sentencia que afirmara que un electrón tiene tal posición oculta sería objetivamente significativa, pero empíricamente sin-sentido y, por tanto, incontrastable. En nuestra clasificación de las significaciones, 'posición observable' pertenece a la clase 5, mientras que 'posición oculta' pertenece a la clase 4.

El intento de dotar a toda fórmula científica de contenido empírico lleva a poblar el universo entero, pasado y futuro, con un infinito equipo de observadores inobservados; sería más concorde con los hechos reconocer abiertamente que las construcciones teóricas no tienen significación empírica, razón, precisamente, por la cual rebusamos el conocimiento ordinario. Pero el intento lleva además a callejones sin salida. Así, por ejemplo, observamos antes que 'partícula libre' es empíricamente sin-sentido, aunque objetivamente significativo. Consecuentemente, una teoría de las partículas libres no puede recibir interpretación empírica; en particular, los enunciados de la teoría que se refieren a posición y momento de una partícula libre no pueden interpretarse como enunciados de observación, o sea, como enunciados referentes a resultados de la operación de observar (propia-mente, medir) la posición y el momento de una partícula libre. Pero muchos físicos, partiendo del supuesto de que una partícula es libre y, particularmente, libre de interacción con aparatos de medición, sostienen que ciertas consecuencias de una tal teoría de partículas libres —como las relaciones de incertidumbre de Heisenberg— tienen que interpretarse como referentes a la interacción de la partícula con un aparato macroscópico de observación, o tal vez incluso con el observador. Una vez realizado este milagro semántico, se nos da lo demás por añadidura: la teoría

que, para empezar, no hizo supuesto alguno respecto del aparato de medición, por no hablar ya del observador (puesto que se suponía que era una teoría física, no una teoría psicológica), predice la dimensión de la perturbación cualquiera que sea el aparato concreto que se meta de contrastando en la "interpretación" de las fórmulas. (En la Secc. 7.4 se encontrará un examen más detallado de este acertijo.)

El debate en curso sobre los fundamentos de la mecánica cuántica es en gran parte una discusión sobre la interpretación de sus símbolos y una controversia entre los que subrayan la necesidad de contrastabilidad y los que insisten en el contenido factual (objetivo), o referencia externa de la teoría. Los primeros desean asegurar la contrastación de la teoría, y pierden muy fácilmente de vista su correlato objetivo, hasta el punto de negarse a atribuir a la teoría significación alguna independientemente de los procedimientos de contrastación empírica; de este modo se deslizan, quieránlo o no, hacia un subjetivismo. Y los objetivistas, preocupados por mostrar que la teoría tiene una referencia objetiva, tienden a despreciar su contrastación, hasta el punto de introducir conceptos que designan entidades y propiedades insusceptibles de ser puestas de manifiesto experimentalmente. Esta discusión podría aclararse y reorientarse hacia puntos más fecundos mostrando que aquí hay una cuestión semántica erróneamente interpretada como problema metodológico, y un problema metodológico despreciado en favor de una cuestión semántica. Los semánticos pueden prestar una gran ayuda en ese debate si estudian la diferencia entre significación empírica y significación objetiva a propósito de las cuestiones científicas en discusión, en vez de encerrarse en sus lenguajes de juguete.*

En las próximas secciones consideraremos más aspectos de este conjunto problemático.

PROBLEMAS

3.5.1. ¿Son significativos los hechos? En particular: ¿Sirve para aclarar algo el hablar de la significación de acontecimientos culturales, de acontecimientos históricos, de sueños? Caso afirmativo: ¿en qué sentido?

3.5.2. Proponer una interpretación de ' $p \rightarrow q$ ' en lenguaje ordinario, otra en lenguaje epistemológico, otra en lenguaje ontológico y otra en lenguaje psicológico. Problema en lugar del anterior: Averiguar si la fórmula " $(\exists x)Px$ ", además de ser formalmente significativa, puede recibir una significación empírica y una significación objetiva.

3.5.3. Comentar la doctrina estoica de los signos, la cual distingue entre el sonido, la significación, el objeto denotado y la imagen subjetiva producida por una palabra.

3.5.4. Analizar el análisis de la interpretación presentado en M. BUNCE, *Interpretation and Truth*, Dordrecht, Reidel, 1974.

3.5.5. Supongamos una teoría cuantitativa correcta de la convalidación empírica que nos permitiera medir el grado de confirmación de fórmulas sintéticas (no analíticas). Supongamos además que 'significativo' = 'verificado u verificable'. ¿Cómo podríamos pasar de grado de confirmación y grado de contrastabilidad a grado de significación? ¿Qué significaría, por ejemplo, '2/3 significativo'?

3.5.6. Proponer criterios de significatividad empírica y de significatividad objetiva.

3.5.7. ¿Existen contrastaciones para establecer la significación empírica y la objetiva?

3.5.8. Proponer una distinción entre "significación" (concepto semántico) y "comprensión de una significación" (concepto psicológico).

3.5.9. Examinar la tesis de que la significación (y no meramente la contrastación) de un enunciado probabilístico es que puede observarse cierta frecuencia relativa muy próxima al valor numérico de la probabilidad afirmada por el enunciado. *Problema en lugar del anterior:* Determinar la significación y describir la contrastación posible del enunciado: "Las rocas situadas en la cima de esa colina tienen una energía potencial positiva". ¿Supone la contrastación efectiva alguna situación implicada o aludida por el enunciado?

3.5.10. Examinar las expresiones siguientes, que son corrientes en física:

1. 'La masa es una magnitud escalar.'
2. 'El campo electromagnético es un hexavector.'
3. 'El campo gravitatorio es un campo tensorial de 10 componentes.'
4. 'El spin es un pseudovector.'

¿Tienen en cuenta esas expresiones la diferencia entre un predicado y su correlato? *Problema en lugar del anterior:* Discutir la relación entre el concepto de fórmula bien formada (o expresión sintácticamente significativa) y el concepto semántico de significación. ¿Es cada uno de ellos necesario para el otro?

3.6. Procedimientos interpretativos

Como las piezas de un rompecabezas, un signo no puede tener sentido más que en un contexto, es decir, en relación con otros objetos. Los designata de signos y los correlatos de los designata, si éstos los tienen, se encuentran entre esos otros objetos que, juntos, dan significación a un signo. Si el símbolo tiene un correlato no-conceptual y su interpretación está determinada, parcialmente al menos, por una relación signo-correlato. Llamamos a esta relación *referición* y cuidamos de no confundirla con una definición, que es una correspondencia signo-signo (cfr. Secc. 3.3). En esta sección vamos a examinar las siguientes clases de procedimientos de interpretación: referición ostensiva, coordinativa y operativa, así como reglas semánticas.

Cuando enseñamos vocabularios a alguien, ya se trate de vocabularios ordinarios, ya de vocabularios técnicos, nos vemos obligados a apelar a

refericiones ostensivas (corrientemente llamadas definiciones ostensivas), como, por ejemplo, a enunciar la frase 'Esto es un lápiz' haciendo al mismo tiempo un gesto. En sí misma, la expresión verbal carece de significación: es una función sentencial (cfr. Secc. 2.1) de la forma '... es tal o cual cosa', en la cual el hueco no se rellena con un nombre propio, sino mediante una combinación del signo 'esto', que puede eliminarse, con un adecuado movimiento corporal. Las refericiones ostensivas no son, pues, operaciones puramente conceptuales, sino más bien puentes entre la experiencia en bruto y el lenguaje.

La virtud didáctica de las refericiones ostensivas, a saber, su proximidad a la experiencia ordinaria, las hace inadecuadas para introducir términos de alto nivel, típicos de la ciencia, como 'temperatura': es imposible señalar esa propiedad con el dedo. Además, las refericiones ostensivas están demasiado íntimamente vinculadas al sujeto conocedor: de hecho, y por no hablar ya del gesto —que no será ni inequívoco ni universal—, 'esto' es una palabra centrada en el sujeto (egocéntrica), incapaz de suministrar información universal y objetiva. Además, las refericiones ostensivas no pueden dar casi nunca especificaciones no ambiguas de significación. Así, si decimos 'Esto es blanco' y al mismo tiempo señalamos una hoja de papel, un extranjero puede no entender si nos referimos al color, a la forma, a la estructura o al montón de hojas. Sólo algunos nombres singulares —nombres de individuos perceptibles— pueden introducirse sin ambigüedad de este modo. Los universales no pueden introducirse así: podemos señalar un individuo perceptible y, dentro de ciertos límites, una colección de individuos, pero no clases compuestas por miembros actuales y potenciales; ni tampoco podemos señalar propiedades no-sensibles, como "viscoso", ni relaciones no empíricas, como "mejor adaptado que". No se puede señalar más que cosas fenoménicas, acontecimientos y propiedades fenoménicas. Los conceptos que tienen una significación objetiva sin significación empírica (cfr. Secc. 3.5), como "átomo", no pueden introducirse por referición ostensiva. Por esta razón la referición ostensiva no tiene lugar alguno en la teoría científica, aunque es indispensable para aprender y ampliar vocabularios. Si la ciencia intentara trabajar con términos ostensivos, y hasta si intentara destilar conceptos trasfenoménicos a partir de los hechos de la experiencia (fenómenos), la referición ostensiva sería el camino real de la ciencia. (Y el hecho de que no sea así indica que la filosofía fenomenista no concuerda con el conocimiento científico). La referición ostensiva se ha incluido en esta sección exclusivamente porque se confunde corrientemente con un tipo de definición, y porque se supone erróneamente que se da en la ciencia.

Un segundo tipo de procedimiento de interpretación signo-objeto es la *referición coordinativa* (corrientemente llamada definición coordinativa): consiste en vincular un símbolo con una determinada cosa o propiedad física tomada como criterio o línea básica. En la sistemática biológica clásica

se toma como criterio o tipo el ejemplar completo o inicialmente identificado de un determinado orden taxonómico, y se supone que el nombre de la especie nombra precisamente un conjunto de individuos más o menos parecidos al ejemplar típico o criterio, conservado en un museo. Y los patrones físicos, o sea, materializaciones de unidades de magnitud (kilogramos, segundo, voltio, etc.), sirven como correlatos de símbolos introducidos por referición coordinativa.

Las refericiones coordinativas se eligen siempre basándose en la conveniencia práctica y, muchas veces a escala humana. El primer criterio internacional de longitud (el metro-patrón) se construyó en 1799 y presenta la orgullosa inscripción: *Pour tous les temps, pour tous les peuples*. Su universalidad no alcanzó a los países anglosajones, y su eternidad duró hasta que la física atómica halló criterios más estables y más fáciles de reproducir. El adoptado en 1960 (que no tiene por qué ser definitivo) es el de la línea naranja-rojiza del espectro del Krypton 86. El metro se ha convertido así en una unidad derivada, y no se introduce ya mediante una referición, sino por una definición explícita, a saber:

1 metro = *ex* 1.650.763,73 longitudes de onda de la luz naranja-rojiza de Kr^{86} .

(Obsérvense los términos teóricos del definiens: 'longitud de onda' y '86' valor de la masa atómica. En el definiens de la más exacta definición convencional no se presentan más que términos teóricos.) Las refericiones coordinativas no pertenecen a la teoría científica, pero sí que se presentan en las fases de recolección de información y de contrastación de la ciencia factual. En particular, no sustituyen a las definiciones correspondientes, si las hay, sino que las materializan. Así por ejemplo, la célula eléctrica de Weston usada como criterio o patrón del voltaje, no sustituye la definición teórica de "voltio" como trabajo unidad realizado a lo largo de un circuito.

Las refericiones operativas (corrientemente llamadas definiciones operativas) establecen correspondencias entre símbolos, por un lado, y operaciones controladas o sus resultados por otro lado; son el tipo de referición característicamente signo-experiencia (cfr. Secc. 3.2) y, consiguientemente, suministran significación empírica (cfr. Secc. 3.5). Por ejemplo, los varios tipos conocidos y posibles de medición de temperatura (por medio de dilatación térmica de gases, líquidos y sólidos, o por medio del efecto termoeléctrico, etc.) suministran otras tantas refericiones operativas del concepto de temperatura. Esta variedad choca con la unicidad del concepto de temperatura introducido por la termodinámica. Análogamente, tampoco hay una referición operativa única para la longitud: el arquitecto, el astrónomo y el físico nuclear utilizan procedimientos diversos para medir distancias y, en el caso del científico, incluso teorías para medir; pero el mismo concepto de longitud es supuesto por todos. Esta ambigüedad es

un mérito de la referición operativa, pues muestra una buena parte del ámbito de aplicación o extensión de ciertos conceptos. Pero, por eso mismo, no puede especificar sin ambigüedad las significaciones. (Cfr. Fig. 3.5.)

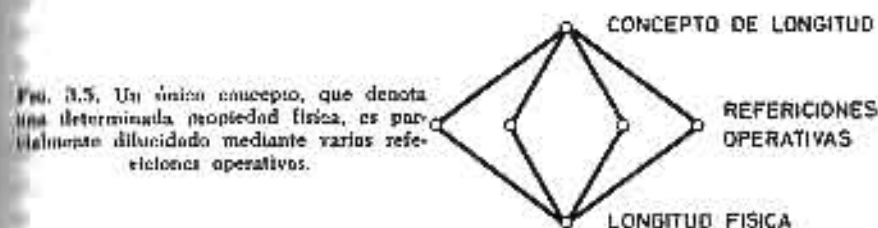


Fig. 3.5. Un único concepto, que denota una determinada propiedad física, es parcialmente dilucidado mediante varias referencias operativas.

Una escuela filosófica todavía influyente, el *operativismo*, sostiene que solo las operaciones de medición pueden suministrar a los términos científicos significación, y que lo que hemos venido llamando refericiones operativas son definiciones propiamente dichas. El operativismo se basa en los siguientes equívocos y errores: (i) La confusión de *definido* con *determinado*. Por medio de un aparato y de una secuencia de operaciones puede determinarse la velocidad de un rayo molecular (preparación de un rayo homogéneo), o se le puede atribuir un valor determinado (medición). Pero el concepto de velocidad no queda afectado por esas operaciones; aún más: al preparar esas operaciones estamos utilizando un concepto de velocidad con todas las de la ley. (ii) La confusión entre *definición* (equivalencia entre signos o entre conceptos) y *referición* (correspondencia entre signos y sus correlatos). (iii) La identificación de referencia con referencia empírica, o sea, de significación con significación empírica. Esto tiene como consecuencia la negativa a admitir conceptos como el de propagación de la luz en el vacío, simplemente porque tales conceptos no tienen contrapartida experiencial (cfr. Secc. siguiente). (iv) La confusión entre *significación* y *contrastabilidad*, y, consiguientemente, entre semántica y metodología (cfr. Secc. 3.5). Si se le depura de todas esas confusiones, el operativismo se reduce a unas pocas exigencias muy sanas: (i) evitar las llamadas *definiciones verbales* (por ejemplo: "El tiempo es la imagen divina de la eternidad", Platón); (ii) asegurar la *interpretabilidad* empírica de términos científicos (algunos, no todos), para asegurar a su vez (iii) la *contrastabilidad* empírica de hipótesis científicas (de la mayoría, no de todas). Pero esas exigencias no son exclusivas del operativismo, sino que constituyen el sano núcleo del empirismo en general.

Las mediciones se llevan a cabo para *contrastar* determinados enunciados, no para descubrir significaciones. Es verdad que, al delimitar extensiones, esas operaciones pueden *ayudar* secundariamente a interpretar ciertos signos. Cuando decimos que 'La temperatura es eso que miden los termómetros' añadimos sin duda una dimensión de experiencia humana al signo objetivamente significativo 'T', manejado por la termodinámica (la

cual como teoría no se interesa por mediciones de temperatura), y obtenemos, consiguientemente, una captación más rica de su significación: pero ese hecho psicológico no constituye una definición de "temperatura", simplemente, *ayuda a entender* la significación de "T", y esa ayuda es más asunto de la psicología que de la semántica. Supongamos que de alguna teoría se infiere que la temperatura de un determinado cuerpo al que llamaremos *c* es de π grados Celsius, o sea: $T(c) = \pi^\circ\text{C}$. Una medición efectiva de la temperatura de *c* sostendrá o refutará el anterior enunciado, y contribuirá tal vez a su comprensión, pero no nos dará la significación del concepto de temperatura. A menos de poseer ya previamente este concepto y de saber, aunque fuera superficialmente, cómo se relaciona con otros conceptos físicos, no habríamos sido capaces de planear y realizar la operación de medición. Además, una tal operación no puede nunca determinar (por no hablar ya de definir) el valor numérico del concepto de temperatura de un modo exacto. En realidad, toda medición, por precisa que sea, nos dará un número fraccionario (racional), 22/7 por ejemplo, que es un valor *aproximado* de la magnitud en cuestión: los números irracionales, como π , son empíricamente inaccesibles. (En general, el campo o dominio teórico de las magnitudes es el conjunto de los números reales, mientras que su campo empírico es el subconjunto de los números racionales.) En resolución: la medición suministra (i) una estimación del valor numérico de una propiedad cuantitativa, y, consiguientemente, (ii) una contrastación de enunciados que se refieran a esa magnitud; (iii) una ilustración de su uso y, por tanto, (iv) una comprensión psicológica de la significación de expresiones que contengan los términos de que se trate.

La parcialidad y la ambigüedad de la referición operativa no se limita a los conceptos cuantitativos. Tomemos, por ejemplo, la versión cualitativa del concepto de carga eléctrica (que es un concepto cuantitativo). Un operativista propendría la siguiente "definición" de ese concepto: "Para todo *x*, si un cuerpo ligero *y* se coloca cerca de *x* en el momento *t*, entonces: *x* está cargado eléctricamente en el momento *t* si y sólo si se observa que *y* se mueve hacia *x* o se aleja de *x* en el momento *t*". La estructura de ese enunciado es básicamente la de la definición condicional, esto es " $C \rightarrow (A \leftrightarrow B)$ " (cfr. Secc. 3.3, fórmula [3.8]). En esta fórmula 'A' es el atributo que hay que introducir (en nuestro caso: "cargado eléctricamente"), 'C' describe alguna condición experimental y 'B' el comportamiento observado. No hay duda de que ese enunciado ofrece una dilucidación parcial de la significación de 'A', pero es una dilucidación sumamente vaga y ambigua, porque una misma situación experimental (la descrita por 'C') es coherente con resultados distintos del descrito por 'B'. Así, por ejemplo, exactamente la misma fórmula vale para cualquier otra fuerza de efectos macroscópicos, como la gravedad y el magnetismo; por otro lado, la fórmula es inútil si se trata de fuerzas intermoleculares, interatómicas y nucleares. Además, la sentencia se refiere a las condiciones en las cuales se contrasta

la condición eléctrica (o magnética, o gravitatoria) del cuerpo, pero no dice nada acerca del comportamiento del cuerpo cuando no se están haciendo contrastaciones empíricas. Esto se debe, naturalmente, a la abierta intención de evitar, con este tipo de referición, toda referencia a objetos físicos independientes (reales) —referencia sospechosa de subjetivismo para los operativistas— y al deseo de reducir los términos teóricos a términos observacionales. Estas son, en realidad, razones para pensar que las refericiones operativas no dan más que interpretaciones incompletas.

Si las significaciones de los términos científicos se especificaran exclusivamente a base de operaciones humanas, la ciencia objetiva no existiría. La ciencia factual es objetiva en la medida en que da fielmente razón del mundo externo, y esto supone procedimientos de interpretación que no apuntan exclusivamente a operaciones humanas, sino también a hechos objetivos. Así, la teoría de la electricidad no tiene uso alguno para esa "definición operativa" de carga eléctrica, porque aquella teoría no trata de cuerpos eléctricamente cargados según operaciones humanas: lo que hace es describir sistemas —y explicar su comportamiento— según conceptos teóricos, como "carga eléctrica" y "campo eléctrico" de los que se supone que tienen correlatos objetivos aunque no son conceptos observacionales. Además, la teoría nos da una "imagen" (en gran parte intuitiva) de cargas y campos que no se exploran por medio de cuerpos experimentales; y hasta las operaciones de experimentación o, más en general, de contrastación, se explican en la teoría como procesos puramente físicos, y no con términos psicológicos, como la frase "se observa que *y* se mueve". El concepto de observación pertenece a la psicología y al estudio de contrastación de las teorías factuales. Dicho de otro modo: el hombre y sus operaciones —centro del operativismo— no se presentan en la reproducción conceptual de la realidad física.

En conclusión, las refericiones se presentan en el estadio de contrastación de la ciencia, pero no pertenecen a su estructura conceptual. El estadio de contrastación no puede empezar sino después de haber dilucidado ciertos conceptos en alguna medida —si es posible, con la ayuda de una teoría. Luego, las refericiones contribuyen a la dilucidación de conceptos porque suministran una parte de la extensión de algunos de ellos (no de todos). El exagerar el papel de la referición y, en particular, de las refericiones ostensiva y operativa, lleva a desconfiar de la teoría y a volver al antropocentrismo; es por tanto peligroso para el desarrollo de la ciencia. Además, esa exageración es filosóficamente confusoria, porque acumula la interpretación, la comprensión, la definición y la contrastación en una sola masa indistinta.

Estudiemos, por último, las reglas semánticas, o reglas de significación. Distinguiremos dos clases de reglas semánticas: refericiones nominales y postulados de interpretación. Una referición nominal, o regla de designación, es una convención puramente lingüística por la cual se asigna un

nombre a una cosa, como en el ejemplo "C" representa el carbono". En la ciencia factual eso no es una proposición, sino una convención o propuesta: no es ni verdadera ni falsa, ni se la somete a contrastación para averiguar su valor veritativo. Por eso sería mejor formularla explícitamente como convención lingüística: "Llamemos 'C' al carbono". (Fuera del cuerpo de la ciencia, aquella primera expresión significa una proposición, esto es, una idea acerca de un uso normal del signo 'C' en algún grupo humano; entonces describe comportamiento lingüístico. Pero éste no es el sentido que interesa en la ciencia y la filosofía.) Las reglas de designación introducen símbolos por convención. A diferencia de otros tipos de referición, éstas son enteramente arbitrarias. Y a diferencia también de las definiciones, no son en absoluto análisis del concepto definido: las refericiones nominales estipulan meramente una correspondencia biunívoca entre un signo y una clase de objetos. Dicho brevemente: estipulan nombres.

(En la práctica una regla de designación puede estar sugerida, y va siempre precedida por un cuerpo de conocimiento. Así, por ejemplo, el nombre de *mercurio* para designar un elemento químico estaba inicialmente vinculado a una idea alquímica acerca de las influencias astrales; y el nombre de *organismo* dado a los seres vivos sugiere que lo que diferencia a un ser vivo de la mera yuxtaposición de sus partes es cierta organización, y no una sustancia especial. Los nombres pueden empezar por sugerir ideas y no ser neutrales. Pero, si no son más que nombres, al final terminan por no ser más que etiquetas convencionales o señales de identificación —a veces muy inadecuadas, como en los casos de 'número real', 'número imaginario', 'número irracional', fósiles de una errónea filosofía de la matemática.)

Un *postulado de interpretación* es un supuesto que confiere significación a un símbolo, pero no convencionalmente, sino de tal modo que la verdad o falsedad factuales de las expresiones que contienen ese símbolo dependerán de que se acepte o rechace el postulado de interpretación. Los postulados de interpretación desempeñan un papel importante en la interpretación, la aplicación y la contrastación del formalismo (el esqueleto simbólico) de las teorías científicas. Así, por ejemplo, la geometría física elemental consta de enunciados formales (matemáticos) como el teorema de Pitágoras, y de reglas semánticas que postulan correspondencias entre ciertos objetos geométricos (líneas, por ejemplo) y ciertas entidades físicas (rayos de luz, por ejemplo). Tales postulados funcionan como reglas de traducción del lenguaje formal al empírico y viceversa. En ausencia de tales postulados, las fórmulas carecen de referencia factual y empírica, o bien reciben interpretación de un modo intuitivo y, por tanto, incontrolable. Al añadirse postulados de interpretación, la teoría matemática se convierte en una teoría factual: cobra referencia objetiva y, al mismo tiempo, puede hacerse empíricamente contrastable. En cuanto se enriquece así la inicial teoría formal con una significación factual, se pierde el Paraíso

de la verdad formal y la teoría queda sometida al esfuerzo de los experimentadores por examinar sus pretensiones de verdad factual.

Los postulados de interpretación no son propuestas, sino proposiciones en toda regla, de la forma "La interpretación de *s* es *P*", en la que '*s*' designa al signo y '*P*' la propiedad que se le correlata. Pero los postulados de interpretación pueden usarse como reglas semánticas porque funcionan a la vez como postulados de teorías científicas y como reglas de significación. (Recuérdese que las fórmulas no son en sí mismas nada, si se las separa de las funciones que cumplen. La fórmula aritmética " $x + y = y + x$ " puede considerarse como una ley o como una regla para manejar los signos que se presentan en ella, según el aspecto que nos interese.) En cualquier caso, no son reglas puramente convencionales, como las refericiones nominales. Si el símbolo del carbono se cambiara de 'C' a 'K' no se producirían más que inconvenientes prácticos (incluso para los alemanes). Pero si en la ley galileana de caída de los graves se interpreta la '*g*' como la libido de la Tierra, pongamos, o como la agudeza visual del experimentador, se tendría un enunciado carente de significación física (y, por tanto, no contrastable) y psicológicamente falso.

O también, tómese la discutida función ψ de la mecánica cuántica: se la puede considerar como un símbolo matemático sin correlato físico, es decir, se la puede atribuir significación exclusivamente formal (por ejemplo, mediante la regla de designación: " ψ designa un vector en el espacio de Hilbert"). O bien se la puede considerar como representativa del estado de un sistema físico, o como una amplitud de onda material, o como la intensidad de un campo, o como una probabilidad, etc. Y algunos de esos postulados pueden ser coherentes unos con otros, o sea, que se pueden atribuir coherentemente varias significaciones y papeles al símbolo ' ψ ': este símbolo puede pertenecer al mismo tiempo a un espacio funcional abstracto, puede representar el estado físico de un sistema en su conjunto, la onda de de Broglie asociada a este último, la zona de probabilidad de la posición, etc. Esta última interpretación valió a M. Born el Premio Nobel, el cual se da a los padres de ideas interesantes, y no a los que las bautizan, a menos que el nombre resulte dar la significación.

Ninguna teoría puede considerarse como más que un esqueleto simbólico, a menos que se le añadan refericiones y/o reglas semánticas de interpretación de sus signos básicos. (Recuérdese que las definiciones no pueden ser útiles más que para dar significaciones a signos no-primitivos.) Cada una de esas interpretaciones producirá una teoría objetiva y/o empíricamente significativa; y una de esas interpretaciones dará normalmente una teoría (modelo) que será factualmente verdadera en alguna medida, aunque en un determinado momento puede no ser posible una elección tajante entre los diversos modelos. Los postulados de interpretación y las reglas de designación —o sea, las reglas semánticas en general— son los principales (no los únicos) expedientes para dotar de significación

a los símbolos básicos (primitivos) que constituyen los supuestos sustantivos de una teoría científica. Los demás símbolos de una teoría reciben contenido —en la medida en que no son formales— por medio de definiciones y/o referencias operativas.

Pero la significación total de una compleja teoría científica no queda nunca dada de una vez para siempre por un conjunto de referencias y definiciones. La discusión de ejemplos, incluso sencillos como son los de interés puramente académico, y la discusión de resultados experimentales efectivos y posibles, suelen ayudar a conseguir comprensión del significado de los conceptos teóricos. Además, las interpretaciones no tienen por qué ser conclusivas. Así, por ejemplo, la mecánica newtoniana —por no hablar ya de la mecánica cuántica— se encuentra aún en proceso de interpretación correcta, aunque ello no afecte a sus ecuaciones básicas: aún podemos discordar acerca de las significaciones de "masa", "fuerza ficticia", "sistema de inercia". Probablemente no hay más que un procedimiento infalible para terminar de una vez para siempre todas las cuestiones de interpretación de símbolos y sistemas de símbolos científicos, a saber, el procedimiento de olvidarlas. Y efectivamente se ha propuesto, y sigue aún defendiéndose, esta solución radical al problema de la significación de las construcciones científicas. Así lo veremos en la próxima sección.

PROBLEMAS

3.6.1. Identificar los enunciados siguientes:

1. Esto es un telescopio.
2. Los filósofos son individuos como Carnap y Popper.
3. El patrón de peso es el *kilogramme des archives* de Sèvres.
4. La longitud es eso que miden las cintas métricas.
5. m_i designa el valor numérico de la masa de la i -ésima partícula.
6. $P_{mn} = 0$ salvo que $n = m - 1$ significa que la única posibilidad que tiene el sistema es descender al nivel inmediatamente inferior.

3.6.2. Ofrecer ejemplos de referencias coordinativas y operativas, de reglas de designación y de reglas de interpretación. *Problema en lugar del anterior:* Estudiar referencias ostensivas.

3.6.3. Examinar las tesis siguientes: (i) Un concepto es sinónimo del correspondiente conjunto de operaciones: P. W. BRIDGMAN, *The Logic of Modern Physics*, New York, Macmillan, 1927, pág. 5. (ii) Las definiciones operativas son circulares. Así, la definición operativa de longitud supone correcciones de temperatura, y, a su vez, la definición operativa de temperatura supone mediciones de longitud: K. R. POPPER, *The Logic of Scientific Discovery*, London, Hutchinson, 1959, pág. 440. (iii) Las definiciones operativas no son equivalencias plenas, sino enunciados condicionales de la fórmula " $C \rightarrow (A \leftrightarrow B)$ ": R. CARNAP, "Testability and Meaning", *Philosophy of Science*, 3, 419, 1936, y 4, 1, 1937. (iv) Las llamadas definiciones operativas son criterios de aplicación de los términos considerados: C. G. HEMPEL, "Introduction to Problems of

Taxonomy", in J. Zubin, ed., *Field Studies in Mental Disorders*, New York, Grune & Stratton, 1961.

3.6.4. El operativismo sostiene que diferentes clases de operaciones definen diferentes conceptos, aunque éstos se designen con el mismo nombre y aunque la teoría no distinga entre ellos. Por ejemplo, diferentes tipos de amperímetros "definirían" diferentes conceptos de corriente eléctrica. ¿En qué se convertiría la unidad de cada rama de la ciencia si se adoptara el operativismo? En particular, ¿qué sería de las teorías científicas? *Problema en lugar del anterior:* Estudiar referencias coordinativas. Cfr. H. REICHENBACH, *The Philosophy of Space and Time*, 1927, New York, Dover Publications, 1957, Chap. 1, § 4.

3.6.5. Magos, alquimistas y parapsicólogos podrían perfectamente conseguir referencias operativas de los términos que usan, puesto que existen correspondencias entre esos términos y ciertos ritos y operaciones. ¿Basta eso para hacer científicas a la magia y la parapsicología?

3.6.6. Establecer una lista de las reglas semánticas (reglas de designación y postulados de interpretación) de una teoría científica a elección.

3.6.7. Examinar la siguiente referencia del concepto de partícula elemental: "Una partícula elemental es un sistema que por el momento no ha sido descompuesto". ¿Sería justificado adoptar ese enunciado como si fuera una definición?

3.6.8. Las definiciones condicionales —enunciados de la forma [3.8] de la sección 3.3— se han llamado a veces enunciados de *reducción* bilateral cuando introducen un predicado físico A mediante un predicado observable B (que se refiere a comportamiento observable) y otro predicado observable C (que se refiere a condiciones observables del experimento o contrastación). Ese nombre responde a la esperanza de que las propiedades físicas (objetivas) pueden reducirse a propiedades fenoménicas (subjetivas), o sea, a cualidades sensibles. ¿Ha sido realizado ese programa? ¿Es realizable? ¿Es coherente con la aspiración a la objetividad?

3.6.9. Examinar si el concepto de temperatura está relacionado con el de percepción de calor. Caso afirmativo, describir la relación. ¿Es una relación lógica? Si no lo es, ¿es puramente convencional? Discutir el problema general de si pueden fundarse reglas de correspondencia sensación-concepto basándose en leyes psicofísicas.

3.6.10. Se afirma corrientemente que los conceptos científicos pueden ser teóricos o empíricos, pero no ambas cosas. ¿Confirma el concepto "peso" que ésa sea una dicotomía adecuada? ¿Y cuáles son las relaciones entre las extensiones del concepto observacional y el concepto teórico de peso?

3.7. La "Validez" de los conceptos

Puede asegurarse que "fantasma", "amable" y "gordo" no son conceptos científicos: el primero pertenece al folklore, el segundo es demasiado subjetivo, y el tercero es sumamente vago. Podemos utilizarlos en el curso de la investigación, pero tenemos que eliminarlos de los resultados de la misma. Es fácil descartar conceptos tan típicamente acientíficos; pero, ¿qué ocurre con conceptos como gravedad, pre-Adamita o neutrino si se los

considera en el momento de su introducción, es decir, en un momento en el cual no tenían apoyo empírico alguno? ¿Existe algún criterio seguro de discriminación entre conceptos científicamente válidos y no-válidos? Como mostraremos en lo que sigue, existe ciertamente un criterio sencillo, pero es tan falible como la ciencia misma.

Hay que considerar ante todo la cuestión de la precisión intensional. Un concepto científicamente válido tiene que poseer una intensión o connotación determinada. Dicho de otro modo: la vaguedad intensional de los conceptos científicos debe ser mínima. Esto excluye de la ciencia conceptos escandalosamente vagos como "pequeño", "alto" y "posible" usados sin calificación o relativización. (Una tal relativización puede ser tácita, como en el caso de "física de las altas energías", que se refiere por convención a la física que estudia hechos que suponen energías de más de un millón de electronvoltios.) Ahora bien, es imposible atribuir una intensión precisa a un concepto si no es en algún contexto. Y el contexto propio de un concepto científico es un sistema científico. Por tanto, nuestra regla puede volver a formularse del modo siguiente: Una condición necesaria de la validez de un concepto en la ciencia es la posesión de una intensión suficientemente determinada en algún sistema científico. Esta regla es ella misma vaga, y hay que dejar que sea así para poder dar lugar a conceptos en embrión que jamás se afinarían si no estuvieran insertos en un sistema científico.

Otra condición necesaria de la validez científica de un concepto es que su vaguedad extensional sea reducida. Dicho de otro modo: los conceptos científicos deben tener una extensión suficientemente determinada, o sea, que tienen que ser aplicables de un modo suficientemente inequívoco. Y también esta regla nos obliga a apelar al sistema en el cual está inserto el concepto, pues los datos empíricos que nos permiten fijar la extensión —o, por mejor decir, la extensión nuclear— de un concepto no son relevantes más que en el mismo contexto al que el concepto pertenece.

Las reglas anteriores pueden formularse de un modo más preciso con la ayuda de los conceptos de intensión y extensión nucleares introducidos en la Secc. 2.3. Podemos decir que para que un concepto sea científicamente válido es necesario que tenga una intensión nuclear y una extensión nuclear determinadas. Como éstas determinan por su parte la significación nuclear del signo que designa al concepto, nuestra regla puede aplicarse a signos utilizando la fórmula [2.24] de la Secc. 2.3: si un signo es científicamente válido, entonces tiene una significación nuclear determinada en algún sistema científico.

Una intensión y una extensión suficientemente precisas son necesarias para aceptar a un concepto como científicamente válido, pero no son suficientes. La división por cero cumple esos dos requisitos, y, sin embargo, no es un concepto válido en aritmética: su connotación es vacía, y también lo es su denotación, porque no satisface la definición de división numérica.

Otro modo de formular esto: " $n/0$ ", con ' n ' que designa un número, no existe en la aritmética. Ahora bien, en el caso de un concepto formal, la existencia puede asegurarse ya poniéndola como primitiva en alguna teoría, ya definiéndola a base de las nociones primitivas de la teoría (Secc. 3.4, [3.13]). Dicho brevemente: el criterio de validez científica aplicable a conceptos puros es la pertenencia a una teoría formal. Consiguientemente, las teorías lógicas y matemáticas no se juzgan por los conceptos que contienen, sino que, a la inversa, los conceptos se juzgan por la compañía en que se encuentran.

Volvamos ahora a los conceptos concretos, esto es, a los conceptos que tienen referencia espacio-temporal. "Adán" tiene una connotación exacta (suministrada por la descripción de la Escritura) y una denotación exacta, a saber, el conjunto vacío. Ese concepto no se admite en la historia científica precisamente porque no tiene correlato objetivo: ¿por qué van a molestar a los historiadores en dar razón de una no-entidad? Esto nos sugiere la siguiente *Definición 1*: "Un concepto no-formal intensional y extensionalmente preciso es válido si y sólo si tiene un correlato real, o sea, si denota una clase de objetos espacio-temporales". Esta regla descalifica a los fantasmas y consagra a los átomos. Pero el examen de varios casos mucho menos claros mostrará que no debe considerarse necesario el describirlo todo a la existencia de correlato real. En primer lugar, necesitamos los conceptos llamados límite, como el de "cuerpo rígido", "sistema aislado" o cerrado, "jugador racional", conceptos de los que sabemos que no se corresponden sino aproximadamente con sus supuestos correlatos: en sustancia, la teoría científica empieza por idealizar los objetos reales, y rara vez —en el supuesto de que ocurra alguna— explica algo más que idealizaciones esquemáticas. En segundo lugar, la referencia de numerosos conceptos científicos es asunto discutido. Por ejemplo, ¿estamos seguros de que el tiempo uniforme establecido por nuestros relojes existe en el mismo sentido en que existen dichos relojes? ¿Seguiría existiendo si no hubiera relojes? En tercer lugar, tenemos que conservar la libertad de inventar conceptos nuevos para la construcción de teorías factuales cuya verdad puede no ser inmediatamente averiguable, de tal modo que haya que esperar bastante hasta poder contrastarlas, y que acaso entonces resulten, a lo sumo, parcialmente verdaderas. Teniendo en cuenta todas estas objeciones, resulta demasiado restrictiva la Definición 1, inspirada en un realismo ingenuo. Consiguientemente, consideraremos que la referencia real (extensión objetiva no vacía) es sólo una condición suficiente (no necesaria) de la validez científica.

La siguiente *Definición 2* suministra un criterio un poco más elaborado: "Un concepto no-formal intensional y extensionalmente preciso es válido si y sólo si denota operaciones posibles de alguna clase". Según este criterio (operativista) de validez conceptual, "masa" será un concepto válido si y cuando puede medirse masas. Como la masa de un cuerpo no

acelerado no puede medirse, el concepto "masa de un cuerpo no acelerado" sería no-válido de acuerdo con esta definición. Consiguientemente habría que eliminar todas las teorías que suponen cuerpos y partículas libres. El operativismo exigiría igualmente la eliminación de los conceptos de cero absoluto de temperatura, de número cuántico, de fase ondulatoria, de función de estado, de *spin* de una partícula libre, de adaptación, selección natural, filogénesis, estado mental, cultura, nación, ninguna de las cuales denota operaciones posibles. Con esto llegaríamos a eliminar todos los conceptos no-observacionales y a quedarnos con los observacionales sólo. Consiguientemente, la exigencia de referencia operativa daría lugar a la decapitación de la ciencia. Y como no deseamos este resultado, consideraremos la existencia de operaciones como criterio suficiente de la aplicabilidad de un concepto, con la condición de que las operaciones sean científicas: pues en otro caso cualquier acción consagraría como científica al correspondiente concepto.

Una versión aparentemente menos restrictiva del principio operativista de validez conceptual se recoge en la *Definición 3*: "Un concepto no-formal, intensional y extensionalmente preciso, que funcione como primitivo en una teoría, es válido si y sólo si denota entidades o propiedades observables". Con esto queda garantizada automáticamente la validez de los conceptos definidos. La diferencia respecto de la anterior definición consiste en esto: ahora sólo se exige que correspondan a observables los conceptos primitivos o no-definidos de una teoría. Aparentemente, esto no elimina a los conceptos trasempíricos: éstos se aceptan con la condición de que sean explícitamente definibles a base de las nociones observacionales primitivas. Pero esto es imposible: precisamente las nociones no-observables son las que tienen que aparecer como primitivas en una teoría, por dos razones: porque ninguna teoría se refiere directamente a situaciones observables, y porque es un objetivo de toda teoría el explicar lo observado, no simplemente resumirlo; y para alcanzar este objetivo las teorías científicas se construyen con conceptos teóricos no-observacionales, precisamente porque son más fuertes que los observacionales. La *Definición 3* nos permitiría tener conceptos trasempíricos sólo con la condición de definirlos todos a base de conceptos observacionales. Pero, por la definición de concepto trasempírico, esa reducción es imposible. Consiguientemente, la *Definición 3* es tan total para la teorización científica como la *Definición 2*.

Un defecto básico de los puntos de vista subyacentes a las anteriores definiciones es que manejan los conceptos aisladamente, como si fueran unidades autocontenidas, cuando son productos del análisis de proposiciones y teorías. En el caso del realismo ingenuo la razón de esto es la creencia en que todo concepto refleja un rasgo de la realidad. Pero esto no es verdad ni siquiera de todos los conceptos extralógicos: baste con recordar que una cantidad vectorial que representa una propiedad de dirección,

como la fuerza, puede descomponerse conceptualmente de infinitos modos, según lo que convenga. Aunque la magnitud en su conjunto puede tener un correlato objetivo, ninguno de sus componentes refleja independientemente un rasgo de la realidad. En el caso del empirismo, la idea que subyace a la definición es la tesis de que los conceptos importantes para el conocimiento (los llamados conceptos cognitivamente significativos) son precisamente los que dan nombre a haces de perceptos, siendo estos últimos átomos de experiencia aislables. (Recuérdese el precepto de Hume: "Ninguna idea sin impresión anterior".) La mera existencia de conceptos trasempíricos fecundos, como los de género y campo, refuta esta doctrina. Ni tampoco es posible "inferir" los conceptos trasempíricos partiendo de conceptos observacionales —como sugiere el confusionario nombre *concepto inferido*—, porque sólo los enunciados pueden ser objeto de inferencia. Si puede establecerse algún vínculo entre conceptos, ello ocurrirá exclusivamente vía *propositionis*, y un tal vínculo se establece sólo en el seno de teorías contrastables. Una vez más vemos, pues, que no es posible juzgar conceptos prescindiendo de los sistemas en los que se presentan.

Sin duda hay una sana motivación detrás de las exigencias puestas a los conceptos científicos por el realismo ingenuo y por el empirismo, a saber: el deseo de evitar conceptos fantasmales como el de esencia metafísica o fuerza vital. Pero el modo adecuado para impedir su introducción de contrabando en el cuerpo de la ciencia no consiste en utilizar prejuicios filosóficos como aduaneros, sino en tomar en cuenta el entero contexto en el cual los conceptos en cuestión tienen que presentarse. Un tal contexto es un sistema científico —por lo menos, una hipótesis científica y, en el mejor de los casos, un sistema de hipótesis científicas (una teoría). Así, cuando decimos que "fantasma" no es un concepto científicamente válido no queremos decir simplemente que no existen fantasmas: muchos conceptos de la ciencia, como el de "desviación media", no tienen tampoco correlato real individualizable; y muchos otros que antiguamente se creían denotativos, como "tiempo absoluto" y "calórico", han resultado luego ser ficciones. Ni tampoco queremos decir que 'fantasma' sea un sin-sentido: su denotación está suficientemente determinada por el folklore. Ni diremos que no contiene experiencia: bastante gente pretende tener experiencia de fantasmas, y los datos empíricos, del tipo que sean, no son relevantes sino a la luz de hipótesis. "Fantasma" es inaceptable en la ciencia por la sencilla razón de que no hay ni puede haber una teoría científica de los fantasmas, o sea, un sistema contrastable y relativo a las leyes del comportamiento de entidades que, ya por hipótesis, no están sujetos a ley alguna. En resolución: "fantasma" no es un concepto científicamente válido porque no es un miembro de un sistema científico. Esta última afirmación se convierte en una tautología trivial si se acepta la siguiente convención, que es la *Definición 4*: "Un concepto intensional y extensionalmente preciso

es científicamente válido si y sólo si es sistemático (o sea, si se presenta en un sistema científico)".

Suponemos que la última definición se aplica a todos los conceptos puros o no; de hecho, subsume el criterio de validez conceptual que hemos establecido antes para conceptos formales. Por tanto, lo que hemos hecho ha sido desplazar el entero problema de la validez de conceptos del terreno de la semántica al de la ciencia: corresponde al científico, y no al filósofo, el decidir si un determinado concepto es científico cuando éste viola la regla. Lo que puede hacer el filósofo es criticar al científico cuando éste viola esa regla fuera de su propio campo de especialización y toma la defensa de conceptos como el de fantasma. En segundo lugar, la Definición 4 no afecta primariamente a la cuestión de la significación de los signos: automáticamente garantiza la posesión de significación a todos los signos que nombran conceptos pertenecientes a alguna sistematización de hechos, especialmente a una teoría. Además, tampoco legisla acerca de la significación de signos que, como 'Dios', no pertenecen a la ciencia, pero son perfectamente significativos en otros contextos: a diferencia de las anteriores definiciones, la nuestra no se destina a obtener una fácil victoria (lingüística) sobre la teología. En tercer lugar, nuestro criterio no exige ni garantiza la verdad de las proposiciones y teorías construidas con conceptos científicamente válidos: podemos perfectamente trabajar con conjeturas cuyo valor veritativo ignoramos, siempre, ciertamente, que podamos mostrar la posibilidad de investigar sobre su valor veritativo. La refutación de una teoría científica no tiene, pues, por qué arrebatar validez a sus conceptos específicos: algunos de ellos, o hasta todos, pueden salvarse y utilizarse para construir una teoría más verdadera. Los conceptos que se presentan en teorías científicas moderadamente verdaderas, verosímiles, pueden llamarse conceptos *adecuados*.

La cuestión de la validez científica de los conceptos se convierte así en un asunto filosóficamente trivial, pese a ser un problema muy serio para los científicos. Nos hemos dado cuenta, además, de que, aunque desde un punto de vista lógico los conceptos son las unidades mínimas de pensamiento científico, no pueden estimarse aislándolos de los sistemas enteros: su validez, si la tienen, se deriva de su sistematicidad, de su presencia en un sistema que pueda someterse a contrastación para establecer su adecuación a los hechos y su coherencia con sistemas previamente contrastados. Por último, nos ha nacido la sospecha de que los esfuerzos de la filosofía empirista por reducir audaces conceptos hipotéticos a triviales conceptos observacionales son esfuerzos desorientados, no sólo porque se mueven contra la historia del desarrollo científico, sino, además, porque se trata de un programa lógicamente inviable. Pero esto nos ocupará en la Parte II.

En la Parte I, que termina aquí, hemos reunido algunos instrumentos de análisis necesarios para examinar metódicamente la estrategia de la

investigación científica y la filosofía que se encuentra por detrás y por delante de ella. Emprendamos ahora esta tarea.

PROBLEMAS

3.7.1. Examinar las tesis del *fisicismo terminológico* ("Todos los términos deben denotar objetos espacio-temporales") y del *empirismo terminológico* ("Todos los términos deben ser términos de observación o conectables con ellos"). Cfr. O. NEURATH, *Foundations of the Social Sciences*, in *Encyclopedia of Unified Science*, vol. II, núm. 1, Chicago, University of Chicago Press, 1944, Chap. 1.

3.7.2. Es imposible aislar totalmente un sistema material en todos los aspectos. ¿Debemos entonces eliminar el concepto de sistema cerrado, despojando de él a la ciencia?

3.7.3. No hay hombres medios: todas las medias son construcciones lógicas a partir de datos que se refieren a individuos, y la probabilidad de que un individuo cualquiera determinado coincida exactamente con todas las medias es prácticamente igual a cero. ¿Debemos descartar entonces los conceptos de hombre medio y hombre típico? *Problema en lugar del anterior*: No se ha visto hasta ahora, ni probablemente se verá nunca, un *Pithecanthropus erectus*. ¿Podemos aceptar como concepto científico el concepto "*Pithecanthropus erectus*"?

3.7.4. No es posible ver la propagación de la luz en el vacío: todo lo que podemos afirmar en base a la experiencia es que un determinado rayo de luz ha sido absorbido o emitido por un cuerpo determinado; lo demás es hipotético. ¿Es en esta situación científicamente válido el concepto de propagación de la luz en el vacío, que es un concepto primitivo de la óptica? *Problema en lugar del anterior*: Los psicólogos conductistas se han opuesto siempre al concepto de consciencia, porque este concepto no denota ningún rasgo del comportamiento observable. Por otra parte, los fisiólogos utilizan el término 'consciencia' (o, más propiamente, el de 'estado consciente') y se esfuerzan por descubrir la actividad neuronal que puede corresponderle: cfr., por ejemplo, J. F. DELAFRESNAYE, ed., *Brain Mechanisms and Consciousness*, Springfield, Ill., Charles C. Thomas, 1954. ¿Qué hay que hacer? ¿Censurar a los fisiólogos por ignorar el operativismo o criticar a los conductistas por confundir una buena regla de método ("No empazar la investigación con el estudio de la consciencia") con una regla de significación ("La palabra 'consciencia' es empíricamente un sin-sentido")?

3.7.5. El concepto de campo (gravitatorio, eléctrico, etc.) ha sido considerado superfluo porque lo que se observa no es nunca una intensidad de campo, sino el movimiento acelerado de un cuerpo experimental (por ejemplo, el desplazamiento de una pieza del electrómetro). Comentar ese hecho. *Problema en lugar del anterior*: El operativismo y el intuicionismo matemático han exigido que todos los conceptos matemáticos sean constructivos: condenan todos los conceptos que, como el de infinito, no son efectivamente construibles, o sea, no son operativos. Estudiar las consecuencias de esa condena. Cfr. M. BUNCE, *Intuition and Science*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1962, Chap. 2.

3.7.6. "Carga eléctrica de un cuerpo aislado" no tiene significación definible por operaciones. ¿Debe eliminarse ese concepto? *Problema en lugar del*

por el concepto dinámico de movimiento, ya no puede producirse la contradicción "la flecha está en un determinado lugar y, al mismo tiempo, no está en ese determinado lugar". Ahora, en efecto, podemos decir que la flecha se mueve a través de un determinado lugar. Además, el concepto de movimiento nos permite eliminar el concepto de reposo mediante una definición explícita, a saber: " x está en reposo respecto de $y =_a x$ no se mueve respecto de y ". (O bien, si se necesita el concepto cuantitativo de movimiento: " $R(x, y) =_a [V(x, y) = 0]$ ".) Como es obvio, este paso del rígido "reposo" al flexible "movimiento" no es una operación aislada y meramente lingüística: la operación acompaña a un profundo cambio en la teoría física y hasta en la concepción del mundo, a saber, a la sustitución de la física aristotélica, para la cual el reposo era más básico que el movimiento, por la dinámica física galileana. Lo cual, dicho sea de paso, tiende a mostrar que en la ciencia factual la selección de los conceptos básicos no es arbitraria, sino que puede implicar una transformación de la estructura categorial. La dilucidación de conceptos es, en la ciencia, contextual y gradual, y no es obra de lexicógrafos, lógicos o experimentadores, sino más bien de teóricos.

En el intento de dilucidar un concepto puede producirse una *deformación* del mismo, como resultado de la cual se pierden algunas notas características de su intensión inicial —y ello para bien o para mal. Así, por ejemplo, la psicología moderna ha transformado el concepto de espíritu en algo que tiene ya muy poco parecido con el concepto inicial, que hacía del espíritu un ingrediente de la sustancia inmaterial e inmortal llamada alma; hoy día tendemos a considerar el espíritu como un sistema de funciones somáticas (cfr. Secc. 1.6). Esta deformación del concepto ha sido parte del progreso de la ciencia. Otras deformaciones de conceptos pueden no ser progresivas ni ser impuestas por las necesidades de la ciencia, sino más bien por tesis filosóficas o hasta sociológicas. Ejemplos de deformaciones de conceptos que no han servido para aclarar nada fueron los intentos de reducir la masa a una aceleración, para eliminar el concepto de materia (cfr. 3.3), así como la propuesta de considerar el progreso biológico como un mero aumento de adaptación, con objeto de favorecer a ideales conformistas.

Sea progresiva o no, la deformación de conceptos que tan frecuentemente se produce en la ciencia puede tener una motivación filosófica. Y es sumamente radical cuando supone una *reducción* de nivel, o sea, cuando muestra que las leyes que caracterizan un nivel son las mismas peculiares a un nivel que se considera distinto. Tal fue, por ejemplo, el caso de los conceptos de la óptica, cuando se mostró que esta disciplina es un capítulo de la teoría electromagnética. Cuando, aunque sin conseguir establecer una tal identidad, se consigue *deducir* un conjunto de leyes a partir de otro conjunto que se refiere a un inferior nivel de organización —como cuando se deducen leyes químicas a partir de leyes físicas, junto con hipótesis

específicamente químicas sobre la composición y la estructura de las moléculas—, no se lleva a cabo ninguna genuina *reducción*, pero se obtiene algo no menos valioso, a saber, una dilucidación conceptual y la consiguiente vinculación de dos niveles de realidad diversos. No suele establecerse con absoluta claridad la distinción entre reducción y pseudo-reducción, pero el asunto es importante para la filosofía y para la ciencia, porque el reduccionismo tiene dos aspectos: por un lado estimula la exportación de conocimiento de bajos niveles a niveles altos; pero por otro lado inhibe la búsqueda de nuevas propiedades y leyes que, aunque arraigadas en las que caracterizan a niveles inferiores, surgen de ellas y no les son idénticas. En todo caso, la deformación de conceptos tiene lugar en contextos teóricos y a veces supone consideraciones y problemas metafísicos (ontológicos).

Algunos conceptos son particularmente útiles para la ampliación y la dilucidación de otros conceptos. Destacan entre estos instrumentos de precisión los conceptos matemáticos de conjunto y de probabilidad. En cuanto que en algún contexto dado se mencionan propiedades —y eso no puede dejar de ocurrir—, pueden construirse mentalmente los correspondientes conjuntos de individuos que tienen esas propiedades. Por ejemplo, la clase engendrada por la propiedad simbolizada por el predicado monádico " P " es: $\mathcal{P} = \{x | P(x)\}$. Y una vez constituidos los conjuntos, el discurso puede ampliarse y precisarse con la ayuda de la teoría de los mismos. Así, por ejemplo, el resbaladizo concepto de vida —tantas veces tratado como si denotara una determinada sustancia— puede dominarse con ayuda de conceptos de la teoría de conjuntos de alguno de los modos siguientes. Una solución posible es la *extensionalización directa*, o sea, la definición del concepto de vida como el conjunto de los seres vivos: " $Vida =_a \{x | x \text{ es vivo}\}$ ". Con esto no se gana gran cosa: esta solución no sirve más que para evitar la caída en el error de considerar la vida como una entidad separada de la función misma de vivir. Otra dilucidación más iluminadora del concepto de vida es la *extensionalización indirecta*, o sea, el análisis de "vivo" como conjunción de ciertas notas inequívocas $P_1, P_2, \dots, P_n$, procediendo luego a construir las clases correspondientes $\mathcal{P}_1, \mathcal{P}_2, \dots, \mathcal{P}_n$, para tomar por último su parte común: $\mathcal{V} = \mathcal{P}_1 \cap \mathcal{P}_2 \cap \dots \cap \mathcal{P}_n$. Este segundo procedimiento requiere, naturalmente, cierto básico conocimiento biológico que vaya más allá de la mera descripción de la vida animal y vegetal: se trata de una definición que recoge un cuerpo de conocimiento básico.

Dadas dos propiedades cualesquiera, P y Q , podemos construir los conjuntos correspondientes, $\mathcal{P}$ y $\mathcal{Q}$, y preguntarnos, por ejemplo, si $\mathcal{P}$ está incluido en $\mathcal{Q}$ o a la inversa. Luego podemos introducir los nuevos conjuntos formados mediante la operación de unión (o sea, $\mathcal{P} \cup \mathcal{Q}$) y de intersección ($\mathcal{P} \cap \mathcal{Q}$). Podemos también ir más allá de este estadio cualitativo y medir esos conjuntos. En particular, podemos hallar la medida de la

anterior: El concepto general de energía, a diferencia de algunos de los conceptos específicos subsumidos por él (por ejemplo, "energía térmica"), no puede dotarse de referencia operativa. ¿Debemos conservarlo o prescindir de él?

3.7.7. El concepto de progreso se considera a menudo no-científico porque supone una estimación. Examinar esa tesis. Indicación: empezar por hallar si toda estimación es necesariamente subjetiva. *Problema en lugar del anterior*. Los conceptos de realidad y de existencia han sido condenados por metafísicos. ¿Son superfluos en la ciencia y la filosofía?

3.7.8. Según la Df. 4, los conceptos "bondad", "amor" y "felicidad" no son científicos mientras no se disponga de teorías científicas de la bondad, el amor y la felicidad. ¿Deben quedarse en ese estado, o es posible y deseable hacerlos científicos? ¿Y dejarían de ser lo que son la bondad, el amor y la felicidad porque los correspondientes conceptos se sometieran a la ley de la ciencia?

3.7.9. ¿Son conceptos físicos los conceptos egocéntricos "Yo", "ahora", "parece", y los conceptos antropocéntricos "dulce", "áspero" y "observable"? ¿Y serían científicamente válidos en algún otro contexto? En caso de respuesta afirmativa: ¿en cuál?

3.7.10. Recordar la división de los conceptos no-observacionales en variables intermedias y construcciones hipotéticas (cfr. Secc. 2.6). Los pragmatistas, los fenomenistas y los convencionalistas aceptan las variables intermedias como útiles instrumentos, pero niegan validez científica a los conceptos que se refieren a entidades, propiedades o relaciones trasempíricas hipotetizadas: a lo sumo aceptarían construcciones hipotéticas a título de expedientes provisionales que un día u otro deben sustituirse por variables independientes o, en su más deseable para ellos, por conceptos observacionales. ¿Qué teorías científicas tendrían que suprimirse si se adoptara esa actitud? ¿Y qué significa la respuesta a esa pregunta para el lugar de la filosofía en la construcción y aceptación de teorías científicas? ¿Y cómo debería adoptarse una decisión respecto de esas dos clases de variables: en interés de alguna filosofía o en interés del progreso del conocimiento?

BIBLIOGRAFÍA

- K. APOLKIEWICZ, "Die Definition", *Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique*, París, Hermann, 1936, V.
 M. BUNGE, *The Myth of Simplicity*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1963, Chap. I.
 —, *Interpretation and Truth*, Dordrecht, Reidel, 1974.
 —, *Sense and Reference*, Dordrecht, Reidel, 1974.
 R. CARNAP, "Testability and Meaning", *Philosophy of Science*, 3, 419, 1936, y 4, 1, 1937.
 —, *Logical Foundations of Probability*, Chicago, University of Chicago Press, 1950, Chap. I.
 C. W. CHURCHMAN and P. RATOOSH, eds., *Measurement: Definitions and Theories*, New York, John Wiley and Sons, 1959, Chaps. 1 y 9.
 M. R. COHEN and E. NAGEL, *An Introduction to Logic and Scientific Method*, New York, Harcourt, Brace & Co., 1934, Chap. XII.

- J. C. COHEN, *A Primer of Formal Logic*, New York, Macmillan, 1942, sec. 27.
 L. J. COHEN and P. E. MILES, "Construct Validity in Psychological Tests", in H. Feigl and M. Scriven, eds., *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Minnesota, University of Minnesota Press, 1956, I.
 N. GOODMAN, *The Structure of Appearance*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1951, Chap. 1.
 C. G. HEIDEL, *Foundations of Concept Formation in Empirical Science*, núm. 7 de la *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1952.
 C. I. LEWIS, *An Analysis of Knowledge and Valuation*, La Salle, Ill., Open Court, 1946, Chap. V.
 H. MARGENAU, *The Nature of Physical Reality*, New York, McGraw-Hill, 1950, Sec. 4.4.
 A. PAP, *An Introduction to the Philosophy of Science*, New York, The Free Press of Glencoe, 1962, Part. I.
 B. RUSSELL, "Vagueness", *Australasian Journal of Psychology and Philosophy*, 1, 84, 1923.
 W. V. O. QUINE, *Word and Object*, New York and London, The Technology Press of the M. I. T. and John Wiley, 1960, Chap. IV. Traducción castellana, *Palabra y objeto*, Barcelona, 1968.

PARTE II

LAS IDEAS CIENTIFICAS

4. PROBLEMA
5. HIPÓTESIS
6. LEY
7. TEORÍA: FORMA
8. TEORÍA: CONTENIDO

Un fragmento de investigación científica consiste en el manejo de un conjunto de problemas suscitados por un análisis crítico de alguna parte del conocimiento o por un examen de nueva experiencia a la luz de lo que ya se conoce o conjetura. Los problemas se resuelven aplicando o inventando conjeturas que, de ser contrastables, se llaman hipótesis científicas. A su vez, algunas hipótesis científicas se ascienden a veces a leyes, de las que se supone que reproducen estructuras objetivas; y las leyes se sistematizan en teorías. Así pues, el proceso creador de la ciencia arranca del reconocimiento de problemas y culmina con la construcción de teorías, cosa que a su vez plantea nuevos problemas, entre ellos el de la contrastación de las teorías. Todo lo demás es aplicación de las teorías: a la explicación, a la predicción o a la acción; o bien es contrastación de las teorías. Estudiemos ahora los miembros de esta secuencia central: Problema — Hipótesis — Ley — Teoría.

CAPÍTULO 4

PROBLEMA

- 4.1. La Fuente de la Ciencia
- 4.2. *Lógica de Problemas
- 4.3. Problemas Científicos
- 4.4. Un Paradigma, un Marco y una Comparación
- 4.5. Heurística
- 4.6. El Fin de los Problemas Científicos
- 4.7. Problemas Filosóficos

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 sus estructuras de 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 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 "Querries" —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 importancia 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 conclu-

yen 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; los pocos problemas que consiguieron 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 manejo 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 estado 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 grandes 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; e incluso los descubrimientos casuales (como el de las "manchas 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 construcción de una teoría general de las oscilaciones no-lineales; 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 permitirían 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*, New York, Dover Publications, 1960 (ed. original: 1927), pág. 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

vortehidos son capaces de registrar 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 éste*: ¿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 éste*: ¿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. WYRRE, JR., *The Organization Man*, Garden City, New York, s. a. [1956], chap. 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 éste*: Comparar las concepciones de la creatividad científica expresadas por A. SZENT-GYÖRGI, 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 perfección del equipo experimental o la dimensión y la formulación de los problemas? *Problema en lugar de éste*: Examinar e ilustrar el papel de la frónesis (sano juicio prudente) en la selección de problemas. V. M. BUNGE, *Intuition and Science*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1962, págs. 89-90 y 102-104.

4.1.8. W. K. ROENTGEN (1895) 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 éste*: 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. I. RADI, in E. FERMÍ, et al., *Nuclear Physics*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 1941, pág. 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, " $(\exists x)C(x)$ ". 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: $(\exists x)C(x)$; (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 " P " 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 " $\text{¿Es } p \text{ verdadero?}$ " no encaja en ese esquema: es un problema engendrado por p mismo, que se supone es una proposición, no una función proposicional. Pero es claro que " Pp " puede parafrasearse así: " $\text{¿Cuál es el valor veritativo de } p?$ " 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 " $\text{¿Es } p \text{ verdadero?}$ ", 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 " $\text{¿Quién descubrió América?}$ ", engendrada por la función $D(x, a)$, la única incógnita es una variable individual. Análogo es el caso de la pregunta " $\text{¿Dónde está } c?$ ", que supone el concepto cuantitativo de lugar. Por otro lado, un problema como " $\text{¿Qué aspecto tiene } c?$ " 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.

$\text{¿Qué hay entonces de problemas de la forma } \text{¿Tiene } c \text{ la propiedad } A?$, 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: " $\text{¿Cuál es el valor veritativo del enunciado } c \text{ tiene la propiedad } A?$ "

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 " $\text{¿Es verdad que hay gravitones?}$ ", y, más precisamente: " $\text{¿Cuál es el valor veritativo de la proposición } \text{¿Hay gravitones?}$ " Así también " $\text{¿Cambia toda cosa?}$ " es equivalente a " $\text{¿Es verdad que toda cosa cambia?}$ ", formulación que puede convertirse en " $\text{¿Cuál es el valor veritativo de la proposición } \text{¿Toda cosa cambia?}$ "

$\text{¿Qué decir del problema } \text{¿Qué es } A?$, 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: " $\text{¿Cuáles son las propiedades } P \text{ de } A?$ ", 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 v 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 indeterminados. 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

TABLA 4.1. — *Formas elementales de problemas*

CLASE DE PROBLEMA	PREGUNTA	FORMA	FORMA DE LA SOLUCIÓN
SOBRE INDIVIDUOS			
Problema del <i>quién</i>	¿Quién es (quienes son) el (los) x tal (tales) que $A(x)$?	$(?x)A(x)$	$x = c, d, \dots$
Problema del <i>dónde</i>	¿Dónde (en qué lugar) está el c tal que $A(c)$?	$(?x)[A(c) \rightarrow B(c) = x]$	$x = d$
Problema del <i>por qué</i>	¿Cuál es el p tal que q porque p (o sea, que p acarrea q)?	$(?p)(p \vdash q)$	$p = \dots$
Problema de la alternativa	¿Cuál es el valor veritativo de p ?	$(?v)[V(p) = v]$	$v = a$
	¿Confirma o a d ?	$(?v)[V[C(c, d)] = v]$	$v = a$
SOBRE FUNCIONES			
Problema del <i>cómo</i>	¿Cómo ocurre c , que es un A ?	$(?P)[A(c) \rightarrow P(c)]$	$P(c) = B(c)$
Problema del <i>cuál</i>	¿Cuáles son las propiedades de c ?	$(?P)P(c)$	$P(c) = A(c)$
	¿Cuáles son las propiedades de la propiedad A ?	$(?P)P(A)$	$P(A) = B(A)$

determinado asignando a y un valor definido o prefiriéndole un signo de interrogación que afecte a esa segunda variable. Efectivamente, " $(?y)(x^2 - x + y = 0)$ " 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 $y = x^2$ para $x = 0,001$?" o de varios miembros (como en el caso de "¿Cuáles son las razas humanas?").

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 cuantos son las variables.
- REGLA 3. Todo problema elemental bien formado tiene alguna de las formas siguientes:

$$(?x)(\dots x \dots), \quad (?P)(\dots P \dots), \quad [4.1]$$

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 o *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 $\Pi(v_2) = (?v_2)G_2(v_2)$

$G_2(v_2)$. 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

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

Problema conjuntivo

$$\Pi(v_1, v_2) = [\Pi(v_1) \text{ et } \Pi(v_2)] \leftrightarrow \{S(a, b) = [G_1(a) \& G_2(b)]\} \quad [4.4]$$

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 $\Pi(v) = (\neg v) [-G(v)]$. 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:

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

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

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: $\Pi_1 = (\neg v_1) [V(P \vdash A \rightarrow C) = v_1]$, y $\Pi_2 = (\neg v_2) [V(P \& A \vdash C) = v_2]$, 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. Polya, 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 hallar 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 mejora 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. Esta 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 infinito 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 determinadas, 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 confusoria, 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 sigo 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 (Secc. 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 astrónomos), 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 intrínsecas 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 anticiencia 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. La 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, concluimos 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 pro-

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 el mismo número?
3. ¿Cómo se relaciona a con b ?
4. ¿Para qué sirve a ?
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 $\Pi(u)$?

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? Cfr. R. K. Merton, *Social Theory and Social Structure*, 2nd. ed., Glencoe, Ill., The Free Press, 1957, pág. 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.

4.2.5. Explicitar los presupuestos de las siguientes preguntas:

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

Problema en lugar de ése: Examinar el modo como K. R. POPPER, en *Conjectures and Refutations*, New York, Basic Books, 1963, págs. 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 del anterior*: Demostrar el teorema: $(\Pi_1 \supseteq \Pi_2) \leftrightarrow (G_1 \rightarrow G_2)$.

4.2.7. Examinar el criterio de sentido (de concepción correcta) de preguntas propuesto por P. W. BRIDGMAN en *The Logic of Modern Physics*, New York, Macmillan, 1927, pág. 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., págs. 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 sentidos 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. Cfr. N. L. WILSON, "Substances without Substrata", *Review of Metaphysics*, 12, 521, 1959. *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 simples, 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 las.* 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 sinsentido (está mal concebida), porque presupone que el electrón tiene una posición determinada en cada momento, lo cual es una hipótesis sin garantía que produzca la dificultad". ¿Podría cobrar sentido la pregunta inicial en otro contexto teórico, y podría recibir tratamiento experimental con ayuda de medios más finos, menos brutales que los hoy disponibles? ¿O debe recusarse el problema para siempre? *Problema en lugar del anterior:* Si se supone que la masa de una partícula es consecuencia de sus interacciones con otras partículas, o que está funcionalmente vinculada con ellas, entonces el hecho de que el muon se comporte como el electrón en todos los aspectos conocidos, pese a lo cual tiene una masa aproximadamente 200 veces mayor que la del electrón, es también paradójico. Si se elimina el anterior supuesto, la diferencia de masa entre el electrón y el muon no suscita problema alguno. ¿Qué debe hacerse? ¿Investigar el problema sin atender a dicho supuesto, o examinar este último, o ambas cosas?

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 (Cfr. 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:

PROBLEMAS { SUSTANTIVOS O DE OBJETO (Ej.: ¿Cuántos A existen?)
CIENTÍFICOS { DE ESTRATEGIA O PROCEDIMIENTO (Ej.: "¿Cómo contaremos los A?")

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, etc.

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. e., 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 en base a 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. *Metológica*: descubrimiento y eliminación de inconsistencias, demostraciones de consistencia e independencia, etc.

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, etc.
 - 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 en base a 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. e., 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-científico, 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' o '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 Secc. 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.

Esas 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 ellos. 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 desprestigiados hacia fines de la década de 1930. Volvieron a ponerse de moda, o a ser respetables, esos temas después de la II Guerra Mundial, y ello por sus buenas razones. La anterior investigación había sido exclusivamente descriptiva, ajena a la teoría: ésa era una razón para desprestigiarla. Pero con el desarrollo de la ciencia del control y la comunicación resultaron posibles planteamientos 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 apagarse 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 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? Cfr. S. von HORNBERG, *Science*, 134, 1839, 1961 o A. G. W. CAMERON, ed., *Interstellar Communication*, New 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? Cfr. S. HOOK, "Pragmatism and Existenz-Philosophie", in

S. UYEDA, ed., *Basis of the Contemporary Philosophy*, Tokyo, Waseda University, 1960, pág. 401.

4.3.7. Decidir si son posibles las siguientes combinaciones de predicados referidos 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 excitadores 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 *géométre* 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. Se ha dicho que "¿Qué es x ?" es una pregunta formulada en *dicción material*, mientras que cuestiones de tipo "¿Qué se entiende por x ?" se llaman a veces preguntas formuladas en *dicción formal*. Algunos miembros del Círculo de Viena pensaban que las primeras eran metafísicas y las segundas, reformuladas como cuestiones lingüísticas, o sea, en *dicción formal*. Así, por ejemplo, en vez de preguntar qué es realmente un objeto físico como el electrón, preguntarían cuáles son la sintaxis y la semántica del término 'electrón'. ¿Qué se gana —si es que se gana algo— con reformular un problema de conocimiento como problema de lenguaje? V. R. CARNAP, *The Logical Syntax of Language*, London, Routledge and Kegan Paul, 1937, secs. 75 y 80, y PH. FRANK, *Foundations of Physics*, in *International Encyclopedia of Unified Science*, vol. I, núm. 7, Chicago, University of Chicago Press, 1948, sec. 49. *Problema en lugar de ése*: 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 alternar 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 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 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 adueroamiento? ¿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? "En el primer caso podemos elegir como variables básicas las probabilidades de los varios medios que puede emplear la unidad y para conseguir un fin dado, y estudiar por qué se alteran esas probabilidades cuando y cae bajo el poder de x . En un paso ulterior podemos desear un planteamiento más profundo, intentando analizar esos cambios de probabilidad sobre la base de los recursos que x e y pueden movilizar para alcanzar sus objetivos, y sobre la base de la habilidad con la cual manejan esos recursos."
 - 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? (¿Hay queda de las leyes de la evolución del poder?)

- 3.3. ¿Cuál es la dinámica del poder? ¿Qué fuerzas pueden alterar la balanza del poder y qué fuerzas pueden restablecer el equilibrio? (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 problemas-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. e., las técnicas? (Acervo de procedimientos).
- 1.5. ¿Cuáles son las relaciones lógicas implicadas, p. e., 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 funciona? (Mecanismo).

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 mostrado G. Polya). 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. e., una fuente de ondas de radio), una propiedad (p. e., una longitud de onda), una proposición (p. e., 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. POLYA, *How to Solve It*, New York, Doubleday Anchor Books, 1957.

4.4.2. Seleccionar un problema científico tomándolo de las revistas *Scientific American*, *Science*, *Discovery*, *Endeavour*, 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 - interpretación - 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 éste:* 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 éste:* 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 trate de una actividad que puede someterse a un conjunto de reglas o prescripciones. ¿Es éste 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 (Secc. 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. e., 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 reformulación 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 Secc. 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 semiclásica?

4.5.3. Algunos filósofos han imaginado que el desideratum 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 pripiutivos.

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 éste*: Explicitar y ejemplificar la distinción entre resolución algorítmica (ficticia) 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 éste*: Anulizar 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. Anulizar esta técnica (demostración indirecta) con la ayuda de los conceptos introducidos en el texto. *Problema en lugar de éste*: Dificultar la noción de subproblema relacionándola con los conceptos de problema atómico y de fuerza o generalidad de un problema (V. Secc. 4.2.).

4.5.10. Estudiar las capacidades y las limitaciones de las máquinas enlazadoras para resolver problemas. Cfr., por ejemplo, M. Minsky, "Steps Toward Artificial Intelligence", *Proceedings of the I. R. E.*, 49, 8, 1961, y la bibliografía en él citada. *Problema en lugar de éste*: Informar acerca del estado actual de la psicología de la resolución de problemas. Véase P. N. JOHNSON-LAIRD y P. C. WASON, compila., *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 prometedores. 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-teórica 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 quimeras, 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 *demonstrado* 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 *demonstrarse*: 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:

PROBLEMAS	RESOLUBLES	EFFECTIVAMENTE (algoritmo y procedimiento decisorio)
		BIEN DETERMINADO (procedimiento decisorio)
		MAL DETERMINADO (ni algoritmo ni procedimiento de decisión)
	IRRESOLUBLES	

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 (Secc. 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 indomitable, 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 período 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 problemáticos, 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 son 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. KRIGORIAN and P. P. WIENER, eds., *Basic Problems of Philosophy*, New York, Prentice-Hall, 1955, págs. 517 ss.: "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*: ¿Avanza la ciencia por acumulación de datos, por construcción de teorías, por refutación de teorías o por planteamiento y resolución de problemas consecuentes?

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*, 2.^a ed., 1787, pág. 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 ayudan 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, psicoló-

gicos 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 Secc. 5.9— presupone y sugiere teorías 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 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 improprios, 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 armonizarse 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 segura-

mente 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 sinsentido. Tercera, que la formulación y la elaboración de los problemas filosóficos, así como la comprobación de las soluciones propuestas, tienen que discorrir 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 teóricos; 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 disposicionales cualitativos o comparativos a partir de conceptos cuantitativos, y lo hacen en el seno de teorías, no fuera de ellas (V. Secc. 3.3). Por último, el papel de la inducción en la inferencia científica es mucho más modesto de lo que suele creerse (V. Secc. 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 o 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 status 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 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 está 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, cfr. O. NEUBARN, *Foundations of the Social Sciences, Encyclopedia of Unified Science*, vol. II, núm. 1, Chicago, University of Chicago Press, 1944, pág. 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 fiscalista no se presentan esas expresiones". *Problema en lugar de éste*: Discutir la siguiente opinión de F. P. RAMSEY en *The Foundations of Mathematics*, London, Routledge and Kegan Paul, 1931, pág. 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 Oxford de filosofía del lenguaje— en sus *Philosophical Investigations*, New York, Macmillan, 1953: (i) "... los problemas filosóficos surgen cuando el lenguaje se va de vacaciones" (pág. 19). (ii) "Un problema filosófico tiene la forma: 'No sé cómo proceder'" (pág. 49). (iii) "... La claridad a la que aspiramos es efectivamente claridad completa. Pero esto significa simplemente que los problemas filosóficos deben desaparecer totalmente" (pág. 51). (iv) "El tratamiento que el filósofo da a una cuestión es como el tratamiento de una enfermedad" (pág. 91). *Problema en lugar de éste*: 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 filo-

solia? ¿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 teórico) de los problemas filosóficos, y elegir un caso ejemplo.

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 alternativas?", "¿Es la simetría anterior en algún sentido a la asimetría, o a la inversión?", "¿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 éste*: Examinar la opinión de C. S. Peirce sobre la relación entre la metafísica y la ciencia. Véase 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" (pág. 3).

4.7.8. ¿Tiene la filosofía un objeto preciso? *Problema en lugar de éste*: Examinar la lista de problemas filosóficos propuestos por K. R. POPPER, *Conjectures and Refutations*, New York and London, Basic Books, 1962, pág. 59 ss.

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 desideratum 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.

BIBLIOGRAFIA

- R. L. ACKOFF, *Scientific Method: Optimizing Applied Research Decisions*, New York, John Wiley, 1962, chaps. 2 y 3.
L. AGER, *A New Approach to the Logical Theory of Interrogatives*, 2.^a ed., Uppsala, University of Uppsala, 1969.
ANISTÓTELES, *De interpretatione*, 20b, 27-31.

- J. AGASSI, "The Nature of Scientific Problems and their Roots in Metaphysics", in M. Bunge, ed., *The Critical Approach*, New York, The Free Press, 1964.
N. D. BELNAP, Jr., "S-P interrogatives", in M. Bunge, ed., *Exact Philosophy*, Dordrecht, Reidel, 1972.
S. BROMBERGER, "Questions", *Journal of Philosophy*, LXIII, 597, 1966.
M. J. CRESSWELL, "The logic of interrogatives", in J. N. Crossley and M. A. E. Dummett, eds., *Formal Systems and Recursive Functions*, Amsterdam, North Holland, 1965.
M. BUNGE, "¿Qué es un problema científico?", *Holmbergia*, VI, núms. 15, 47, 1959.
—, "Problems and games in the current philosophy of natural science", *Proc. XIVth Intern. Congress Philosophy*, Vol. II, 1968.
G. POLYA, *How to Solve It?*, New York, Doubleday Anchor Books, 1957.
H. FREUDENTHAL, "Analyse mathématique de certaines structures linguistiques", *Folia biotheoretica*, 5, 81, 1960.
D. HILBERT, "Mathematische Probleme", *Archiv der Mathematik und Physik*, I, 44 y 213, 1901, reimpresso en R. Bellman, ed., *A Collection of Modern Mathematical Classics*, New York, Dover, 1961.
H. HILZ, "Questions and Answers", *Journal of Philosophy*, LIX, 253, 1962.
A. KOLMOGOROFF, "Zur Deutung der intuitionistischen Logik", *Mathematische Zeitschrift*, 35, 58, 1932.
T. KUDESKI, "An Essay in Logic of Questions", *Proceedings of the XIIIth International Congress of Philosophy*, Firenze, Sansoni, 1960, V.
—, "The logic of questions", in R. Klibansky, ed., *Contemporary Philosophy*, Vol. I, Firenze, La Nuova Italia, 1968.
T. F. LINDLEY, "Indeterminate and Conditional Truth-Values", *Journal of Philosophy*, LIX, 449, 1962.
H. MEHLBERG, *The Reach of Science*, Toronto, University of Toronto Press, 1958, chap. 3.
R. T. MORRIS and M. SEEMAN, "The Problem of Leadership: An Interdisciplinary Approach", *American Journal of Sociology*, LVI, 149, 1950.
H. PANTHEY, ed., *Problemtypen bei der Hypothesen- und Prognosebildung*, Rostocker Philosophische Manuskripte, Heft 7, Universität Rostock, 1970.
K. R. POPPER, "The Nature of Philosophical Problems and their Roots in Science", in *Conjectures and Refutations*, New York and London, Basic Books, 1962.
C. STALL, "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.

CAPÍTULO 5

HIPÓTESIS

- 5.1. Significaciones de 'Hipótesis'
- 5.2. Formulación
- 5.3. *Clases: Forma y Contenido
- 5.4. Clases: Punto de vista Gnoseológico
- 5.5. Fundamento
- 5.6. Contrastabilidad
- 5.7. Requisitos
- 5.8. Funciones
- 5.9. Hipótesis Filosóficas en la Ciencia

Una vez planteado y examinado un problema o un sistema problemático, se busca su solución a menos que se muestre que carece de tal. El procedimiento para el hallazgo de la solución dependerá de la naturaleza del problema. Algunos problemas de la ciencia factual se resuelven dirigiendo preguntas al mundo, esto es, organizando experiencias científicas (observaciones, mediciones, experimentos); otros se resuelven mediante la elaboración de teorías contrastables acerca del mundo. Dicho de otro modo, un problema factual dará lugar a una experiencia, una conjetura o ambas cosas. Pero las experiencias científicas no tienen lugar en el vacío, se proyectan con ideas determinadas y se interpretan con la ayuda de teorías: por ejemplo, de teorías referentes al comportamiento probable de los medios de observación. Incluso las experiencias destinadas a la mera recolección de datos suponen teorías, tanto más cuanto más profundos y precisos son los datos que se buscan: piénsese en la cantidad de actividad teórica que hace falta para llegar a un experimento de genética o de física. En resolución: no hay problema científico que se resuelva precipitándose sin más hacia el laboratorio. Por tanto, vale la pena, antes de estudiar la experiencia científica, examinar las ideas científicas contrastadas por la experiencia: se trata de las conjeturas llamadas hipótesis, de las hipótesis ascendidas a leyes y de los sistemas de leyes llamados teorías. Empecemos con las hipótesis.

5.1. Significaciones de 'Hipótesis'

Que la Tierra es redonda es un hecho, pero no un hecho observable: nadie ha visto la totalidad del planeta, y ni siquiera los astronautas pueden ver más que una parte del mismo en cada momento. La proposición "La Tierra es redonda" empezó por ser una hipótesis destinada a explicar ciertos hechos observados, como el modo de desaparecer el casco de una nave lejana; luego la hipótesis fue corroborada por descubrimientos independientes, tales como la circunnavegación de la Tierra y la medición de sus dimensiones. "La Tierra es redonda" es, dicho brevemente, una suposición o conjetura acerca de determinados hechos, o sea, una hipótesis factual, o una hipótesis en sentido epistemológico. Esta nomenclatura se basa en la siguiente convención, ineliminable ya del uso metacientífico contemporáneo: *Definición*: una fórmula es una *hipótesis factual* si y sólo si (i) se refiere, inmediata o mediatamente, a hechos no sujetos hasta ahora a experiencia o, en general, no sometibles a la misma, y (ii) es corregible a la vista de nuevo conocimiento.

No debe identificarse la noción de hipótesis con la de ficción, ni contraponerla a la de hecho, salvo en la medida en que las hipótesis y las ficciones son creaciones mentales, mientras que los hechos no mentales son externos o puede conseguirse que ocurran en el mundo externo. Las hipótesis factuales, puesto que son proposiciones, pueden contraponerse a proposiciones de otra clase, a saber, a proposiciones empíricas particulares, también llamables *datos*, esto es, elementos de información. Un dato no es una hipótesis: cualquier hipótesis va más allá de la evidencia (datos) que intenta explicar. Esto es: las hipótesis tienen un contenido más considerable que el de las proposiciones empíricas cubiertas por ellas. La información de que la aguja de un determinado aparato de medición está coincidiendo con la señal 110 volt es un dato empírico singular: esa afirmación puede contrastarse por mera inspección visual. (En general, hacen falta experiencias, sueltas o en haces, para corroborar datos empíricos singulares. Pero no son suficientes: siempre se necesita además algún elemento teórico.) Pero no es ya un dato, sino una hipótesis, la afirmación de que ese dato se refiere a la presencia de una corriente eléctrica en el aparato. Pues (i) las corrientes eléctricas son inferibles, pero no observables, y (ii) la hipótesis puede resultar falsa, por ejemplo, si el aparato está estropeado, de tal modo que su indicación sea falsa.

Obsérvese que los datos singulares son en principio tan corregibles como las hipótesis: no difieren de las hipótesis por lo que hace a la condición (ii), corregibilidad o rectificabilidad, sino respecto de la condición (i): efectivamente, los datos se refieren a experiencias *efectuadas*, ya sea objetivas, intersubjetivas (por ejemplo, observaciones), ya sean de otro tipo (*Erlebnisse* [vivencias]). Obsérvese también que las hipótesis no expresan

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

El centro de la actividad cognoscitiva de los seres humanos son las hipótesis, y no los datos. Los datos se acumulan para utilizarlos como evidencia en favor o en contra de hipótesis; y hasta la mera recolección de datos presupone un núcleo de hipótesis (por ejemplo, que hay algo observable, que los medios de observación son adecuados o pueden corregirse, etc.). Considérese el procedimiento de un médico práctico cuando se enfrenta con un caso. No empieza por observar a su paciente de un modo cualquiera y sin prejuicios, sin más finalidad que la de obtener datos en bruto y de cualquier clase interpretable. La misma recolección de datos va, por el contrario, guiada y justificada por ciertas hipótesis que subyacen a su procedimiento empírico. Así, por ejemplo, la auscultación, la exploración por el tacto, el uso de instrumentos, cada una de esas maneras de proceder a la búsqueda de datos presupone un cuerpo de hipótesis anatómicas, fisiológicas y hasta físicas. Los datos que obtiene con la ayuda de tales procedimientos y sobre la base de tales hipótesis le son luego útiles para formular hipótesis diagnósticas que acaso desee someter finalmente a contraste mediante procedimientos más finos, como son los análisis bioquímicos, por ejemplo. En resolución, cuando se encuentra ante un problema de diagnóstico, el médico no parte de un borrón y cuenta nueva respecto de su anterior trabajo, sino, por el contrario, de un cuerpo de presupuestos, algunos de los cuales funcionan como hipótesis rectoras, y otros como líneas de interpretación de sus datos. Contando con este trasfondo podrá conseguir datos; y los interpretará y usará para producir y contrastar ulteriores hipótesis (diagnósticas).

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

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

Las hipótesis, imprescindibles ya en la acción racional, son aún más centrales en la concepción racional del mundo (la ciencia) y en su modificación racional (la tecnología). La sensibilidad es el requisito animal y precientífico del pensamiento sobre el mundo; y concebir el mundo no es más que formular hipótesis acerca de él. El hecho de que la mayoría de las hipótesis científicas se formulen de un modo categórico no debe confundirnos. Cuando el biólogo dice que la vida surgió hace 2 billones

de años, que los primeros organismos terrestres fueron los líquenes, que las plantas sintetizan hidratos de carbono partiendo del dióxido de carbono y el agua, que el oxígeno es indispensable para la vida animal o que todos los mamíferos son homeotérmicos, no está comunicando información acerca de la experiencia, sino formulando hipótesis con cuya ayuda pueden interpretarse ciertos acúmulos de experiencia: sus supuestos, por ser hipótesis, *no son acerca de experiencia*, sino acerca de hechos no experimentables; y las usará para explicar su experiencia biológica.

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

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

En este sentido lógico de la palabra son hipótesis todos los supuestos iniciales (axiomas) de una teoría, formal o factual; se distinguen de las demás hipótesis de una teoría llamándolas hipótesis *fundamentales* o *básicas* (también suele llamárselas supuestos). El procedimiento que consiste en desarrollar una teoría empezando por formular sus puntos de partida o hipótesis básicas y deduciendo luego sus consecuencias con la ayuda de las subyacentes teorías formales se llama *método hipotético-deductivo*. Los axiomas de una teoría formal son, consiguientemente, hipótesis en sentido lógico, mientras que los axiomas de una teoría factual son hipótesis en los dos sentidos: el lógico y el epistemológico y metodológico: van más allá de la experiencia y son además rectificables. Y todas las teorías, formales o factuales, son *sistemas hipotético-deductivos*.

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

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

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

de las hipótesis de la mecánica presupone la existencia de la luz, que toma como dada.)

Examinemos ahora los modos de formulación de las hipótesis científicas

PROBLEMAS

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

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

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

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

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

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

5.1.6. Formular unos cuantos condicionales, en el contexto del conocimiento ordinario o en un contexto científico, y buscar sus correlatos, si los tienen. *Problema en lugar de ése*: Informar acerca del artículo de I. BERLIN "Empirical Propositions and Empirical Statements", *Mind* (Nueva serie), LIX, 289, 1950.

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

5.1.8. Examinar la cadena siguiente:

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

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

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

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

5.2. Formulación

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

Esos requisitos son necesarios y suficientes para considerar que una hipótesis es científica, independientemente de que la conjetura sea realmente verdadera o no lo sea; o sea: son condiciones que tiene que satisfacer la formulación de las hipótesis científicas. Por lo demás, esos tres requisitos no son independientes unos de otros. El ser bien formada es condición necesaria del tener una significación determinada en algún lenguaje. (Imagínese, por comparación, la tarea consistente en interpretar las palabras de Heidegger "La temporalidad se temporaliza".) A su vez, el

tener una significación determinada es necesario para poder recibir el apoyo de conocimiento preexistente (o sea, para ser razonable) y para poder enfrentarse con nueva experiencia. (Imagínese, por comparación, lo que puede ser la tarea de hallar apoyo en el conocimiento para —o someter a contrastación— la hipótesis de Freud según la cual “El sueño representa un regreso al seno materno”.) Y el tener fundamento, al menos, en una parte del conocimiento ya disponible es la única garantía (aunque temo de que vale la pena proceder a una contrastación empírica, así como de que ésta es posible, puesto que la experiencia científica presupone algún conocimiento científico. Procedamos ahora a algunos ejercicios de formulación de hipótesis: ellos harán plausibles los tres requisitos antes dados, y permitirán un ulterior examen de los mismos (en las secciones 5.5 a 5.7).

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

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

h_1 = La apariencia del bastón quebrado es una ilusión.

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

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

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

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

Contrastación empírica de h_2 . (i) *Derivación de una consecuencia:* si el bastón está efectivamente quebrado o roto del todo, podremos percibirlo con la mano. Esta consecuencia t_2 se sigue de h_2 más nuestro conocimiento previo referente a bastones rotos o quebrados. (ii) *Confrontación con la experiencia:* Tampoco ahora intentaremos proteger la hipótesis absteniéndonos de tocar el bastón, sino que lo tocaremos; no notaremos, naturalmente, diferencia respecto del estado anterior del bastón. Por tanto, pode-

mos afirmar que t_2 es falsa. (iii) *Inferencia*: Aplicando también aquí el *modus tollendo tollens* inferimos que $A \& t_2$ es falsa; y puesto que hemos usado nuestro conocimiento básico, A , para inferir la consecuencia contrastable y, además, no estamos investigando A , sino h_2 , concluimos que h_2 es la única culpable de la falsedad.

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

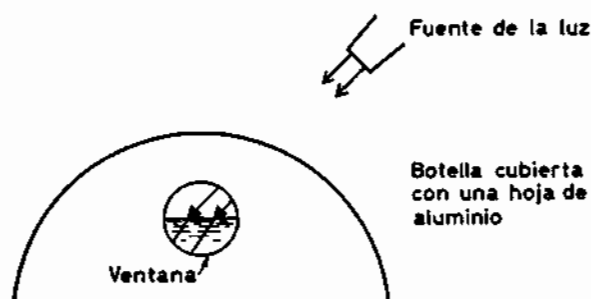


FIG. 5.1. Contrastación empírica de la hipótesis de la refracción de la luz.

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

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

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

- h_1 = Fumar cigarrillos causa cáncer de pulmón.
- h_2 = El fumar cigarrillos y el cáncer están ambos determinados por un tercer factor desconocido.

Las dos hipótesis dan razón de la generalización que hay que explicar y ambas son compatibles con el cuerpo de conocimiento existente: sabemos, en efecto, que el fumar es dañino desde otros puntos de vista, y no nos sorprendería que estimulara la formación de tumores; por otra parte, sabemos también que frecuentemente se dan correlaciones espúreas, esto es, que una íntima asociación de dos variables A y B puede ser fruto de su relación con una fuente común o una tercera variable, C , que interviene en el sentido estadístico de este concepto; esta tercera variable, C , puede estar relacionada con A y B de uno de los modos siguientes: $A \rightarrow C \rightarrow B$,

$B \rightarrow C \rightarrow A$, o $C \xleftarrow{A} B$ En nuestro caso, puede haber un factor genético A

que medie entre el cáncer de pulmón y el fumar cigarrillos.

Por lo que hace a contrastabilidad empírica, es claro que h_1 satisface esta condición, puesto que, según dicha hipótesis, una variación del número de cigarrillos fumados provocará una diferencia en la frecuencia del cáncer. En cambio, h_2 , en la forma en que la hemos formulado, es demasiado vaga para ser contrastable: si hay que buscar algo, hay que tener al menos una indicación sobre ese algo: si no hay tal precisión, casi todo —o sea, nada en particular— puede dar apoyo o negarlo a h_2 . Por tanto, mientras que h_1 es una hipótesis científica, h_2 , estrictamente hablando, es una función proposicional en la cual se presenta una variable predicativa (el tercer factor desconocido). Pero es posible elegir, entre la clase de conjeturas que cubre h_2 , una hipótesis algo menos indeterminada, a saber:

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

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

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

Los resultados experimentales en el momento de escribir estas páginas

son los siguientes. Aunque el fumar no produce cáncer a los animales de laboratorio, sí que se lo produce el alquitrán del tabaco; por tanto, no hay una confirmación concluyente de h_1 ... por mucho que nos guste confirmarla por razones estéticas, morales y económicas. Por otra parte, existe una correlación determinada entre el fumar cigarrillos y otras características de la conducta, como el consumo de café y alcohol, el tener padres con hipertensión o perturbaciones circulatorias, etc., pero tampoco en estos casos resulta suficientemente significativa la correlación. En resolución: ni h_1 ni h'_2 están concluyentemente establecidas por el momento. ¿Qué paso debería darse ahora? ¿Un aumento del número de experimentos y observaciones o una intensificación de la actividad teórica? Más bien parece que esto último, porque tanto h_1 cuanto h'_2 son demasiado débiles: necesitamos hipótesis más fuertes, sugeridas por consideraciones teóricas, referentes al *mecanismo* detallado probable de la acción del fumar sobre las células y de la tendencia a fumar. La primera cuestión exige una colaboración más intensa de los citólogos, y la segunda necesita la de fisiólogos y genetistas.

Resumamos: la situación de las investigaciones acerca del cáncer de pulmón en el momento de escribir es la siguiente: (i) tenemos una considerable masa de información empírica y unas pocas hipótesis en concurrencia (particularmente h_1 y h'_2) que se encuentran casi igualmente confirmadas por hallazgos empíricos; (ii) se necesitan hipótesis más fuertes que recojan la experiencia ya disponible y sean acaso capaces de indicar el modo de conseguir experiencia de otra clase (tal vez a nivel molecular). Sería pura pérdida de tiempo el acumular más datos de las clases ya conocidas antes de depurar las hipótesis de que disponemos, o antes de concebir otras radicalmente nuevas. Esta situación no es nada excepcional en la ciencia. Demasiado frecuentemente la ciencia se encuentra puesta en jaque no por falta de evidencia empírica, sino por falta de hipótesis fuertes. Y hay una errada filosofía de la ciencia —lo que podría llamarse *datismo*, la filosofía de la ciencia que sólo da importancia al dato— que contribuye a ese estancamiento.

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

PROBLEMAS

5.2.1. Considerar las siguientes hipótesis, explicativas del color dorado, bronceado y rojizo de las hojas en otoño.

h_1 = el frío produce en las plantas la segregación de sustancias que sustituyen a la clorofila o la dominan.

- h_2 = el frío produce la desintegración de la clorofila: sólo resisten los pigmentos más consistentes.
 h_3 = el frío produce un cambio de color de la clorofila.
 h_4 = poco antes de la caída de las hojas se acumulan en ellas productos de desasimilación.
 ¿Son todas esas hipótesis científicas?

5.2.2. Un juez se encuentra con un caso de muerte por causas desconocidas. ¿Qué hipótesis establecerá? ¿Puede atribuir un determinado peso (antes de tener pruebas empíricas) a sus hipótesis? Si tal es el caso, ¿qué relación(es) deben satisfacer esas estimaciones de las hipótesis? ¿Y cómo podría el juez someter a contrastación las diversas conjeturas? *Problema en lugar de éste:* Repasar una página de un artículo científico y subrayar las sentencias que expresan hipótesis.

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

- h_1 = la superioridad tiene un origen genético (por ejemplo, étnico): los negros que emigraron al Norte eran ya los más capaces.
 h_2 = la superioridad se debe a influencias ambientales: el Norte es económicamente, socialmente y culturalmente más favorable al desarrollo mental de los niños y los jóvenes negros.

Inferir consecuencias contrastables, sugerir contrastaciones empíricas y, si parece necesario, proponer otras hipótesis. Cfr. O. KLINEBERG, *Negro Intelligence and Selective Migration*, New York, Columbia University Press, 1935, o bien los extractos de ese libro en P. LAZARSFELD and M. ROSENBERG, eds., *The Language of Social Research*, Glencoe, Ill., The Free Press, 1955, páginas 175 ss.

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

- h_1 = el aumento de la frecuencia del cáncer no es real: lo que pasa es que ha aumentado el número de correctas diagnósticas de cáncer a causa del afinamiento de las técnicas histológicas.
 h_2 = el aumento de la frecuencia del cáncer se debe a la mejoría de las expectativas de vida, porque el cáncer es una degeneración senil.
 h_3 = el aumento de la frecuencia del cáncer se debe al aumento de humos en la atmósfera respirada (se sabe que el hollín es cancerígeno), y este último aumento se debe a su vez a la industrialización.

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

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

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

- h_1 $y = 2x + 1$, con $x = 0, 1, 2, \dots$
 h_2 $y = 2x + 1 + x(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)$, con $x = 0, 1, 2, \dots$
 h_3 $y = (2x + 1) (-1)^{x-1} \cos(x-1)\pi$, con $x = 0, 1, 2, \dots$
 h_4 $y = 2x + 1 + f(x)$, con $f(x) = 0$ para valores enteros de x , y arbitraria en otro caso.

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

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

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

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

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

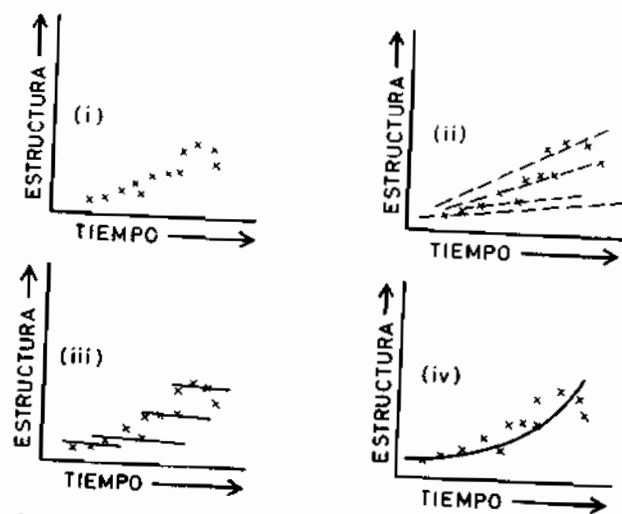


FIG. 5.2. Tres hipótesis diferentes —(ii), (iii), (iv)— para la interpretación de los datos paleontológicos (i).

5.3. *Clases: Forma y Contenido

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

Formalmente (sintácticamente), las hipótesis pueden clasificarse de acuerdo con varias características, principalmente la estructura de los predicados, el alcance, la sistematicidad y la potencia deductiva o de inferencia. Por lo que hace a la estructura de los predicados el primer rasgo que hay que tener en cuenta es el *número de predicados*: una hipótesis puede contener un sólo predicado (por ejemplo: "Hay neutrinos") o, como es más frecuente, varios predicados (por ejemplo: "Todas las sociedades modernas están estratificadas"). En segundo lugar, importa tener en cuenta en el análisis lógico el *grado de los predicados*, o sea, el número de lugares de argumento de los predicados que se presentan en una hipótesis; así, por ejemplo, "valencia" es un predicado monádico, mientras que "desciende" es por lo menos diádico o binario. De todos modos el grado que se asigne a un predicado es función de la profundidad del análisis; así, por ejemplo, "x es observable" es simplemente una primera aproximación al análisis, más profundo, "x es observable por y en las condiciones z y con los medios w". Dicho brevemente: el grado de los predicados y, por consiguiente, la estructura lógica de las hipótesis, es contextual más que absoluto: depende del estado del cuerpo de conocimiento en el que se presen-

ten y de la finura de análisis requerida o posible. (En general, la forma lógica es contextual, no absoluta.) En tercer lugar interesa el *carácter métrico* de los predicados: para que una hipótesis sea vaga es necesario que no contenga más que predicados cualitativos (no-métricos), como en el caso de "El calor pasa de los cuerpos más calientes a los cuerpos más fríos". Pero esta condición está lejos de ser suficiente: muchas hipótesis precisas no contienen más que predicados dicotómicos (predicados de presencia o ausencia), como, por ejemplo, "Las transiciones entre estados de diferentes propiedades simétricas son discontinuas".

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

1. *Hipótesis singulares*, como "Ha sido un acto inteligente".
2. *Hipótesis pseudosingulares*, como "El sistema solar es dinámicamente estable; estas hipótesis contienen un cuantificador oculto, generalmente referido al tiempo y/o el espacio. En nuestro ejemplo, la formulación ostensiva es: " $S(s)$ ", pero lo que pensamos es que el sistema solar es estable en todo momento t de un intervalo temporal T , o sea: $(t) \in T S(s, t)$. Numerosas hipótesis sociológicas e históricas merecerían el nombre de leyes si se explicitara su universalidad oculta.
3. *Hipótesis existenciales indeterminadas*, como "Hay partículas invisibles (elementales)" que no especifican ni lugar ni tiempo y son por tanto difíciles de rechazar.
4. *Hipótesis existenciales localizadoras*, como "Hay gran cantidad de hierro en el núcleo terrestre". La localización puede ser espacial, temporal o espacio-temporal.
5. *Hipótesis cuasi-generales*, como "Cuando un sistema se encuentra aislado pasará en la mayoría de los casos a estados de superior entropía". Estas hipótesis admiten explícitamente excepciones, en número especificado o sin especificar.
6. *Hipótesis estadísticas*, como "Las personas ectomórficas tienden a ser cerebrotónicas". Estas hipótesis establecen correlaciones, tendencias, módulos, promedios, dispersiones u otras propiedades globales (colectivas).
7. *Hipótesis universales restringidas*, como "*Laissez-faire, laissez-passer* es el consejo dado por los industriales y los comerciantes a los gobernantes desde el siglo XVIII hasta hace muy poco tiempo": esta hipótesis se refiere a un intervalo limitado. En estas hipótesis se presenta un cuantificador universal restringido, $(x) \in S$, que significa: "para todo x de S ", siendo S un conjunto limitado.
8. *Hipótesis universales no-restringidas*, como las leyes de la óptica física, que se suponen aplicables a todos los casos de una determinada clase, en todos los lugares y en todos los tiempos. Es una tarea científica de importancia la de establecer en cada caso los límites de tal pretensión de universalidad sin restricciones; y es también una interesante investigación científico-filosófica el especular acerca de la posibilidad de que esa

universalidad no-restringida no sea más que una ilusión de seres de corta vida y corta visión.

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

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

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

2. Son hipótesis *condicionalmente especificables* aquellas que pueden aplicarse a casos individuales sólo tras adecuadas operaciones formales o semánticas. Así, por ejemplo, una ecuación referente a un individuo (una célula o un sistema celular, por ejemplo) tiene primero que resolverse, y luego interpretarse con términos empíricos para dar razón de (describir o explicar) un hecho que envuelva al individuo al que se refiere. Análogamente, los enunciados legaliformes que contienen probabilidades teóricas tienen que transformarse en enunciados con frecuencias si es que han de poder interpretarse como descripciones de propiedades colectivas, pues el concepto descriptivo es "frecuencia", no "probabilidad". La sustitución

inversa tendrá que practicarse en enunciados que expresen uniformidades estadísticas empíricas, si se quiere inferir algo acerca de los individuos de una colección. Así, por ejemplo, partiendo de "La frecuencia de la propiedad B en la clase A es f " no podemos inferir que todo A o algún A dado es B o no es B ; lo único que podemos inferir es que la probabilidad de que un A sea B es próxima a f (si es que estamos dispuestos a considerar las probabilidades no sólo como propiedades colectivas, sino también como propiedades de individuos *qua* miembros de determinados conjuntos).

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

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

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

en bastantes casos la fuerza contrafactual depende de la profundidad del análisis.

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

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

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

Las hipótesis *refinadas*, por su parte, son aquellas que son precisas en cuanto a los predicados y en cuanto al alcance, como, por ejemplo, "El período de oscilación de un péndulo simple ideal es $T = 2\pi(L/g)^{1/2}$ ". Las hipótesis refinadas son a menudo igualdades, como " $y = kx$ ", más que desigualdades como " $y > x$ ". A primera vista puede parecer que sólo las hipótesis singulares y universales (restringidas o no) pueden precisarse; pero la realidad no es ésa: "Hay exactamente n A en B" y "El P medio de x es igual a y " son perfectamente precisas, aunque la primera es existencial y la segunda estadística. Hay, sin duda, grados de precisión: la

misma dicotomía en bruto-refinada es vaga. En cualquier caso, es claro que resulta deseable un máximo de precisión desde el punto de vista de la contrastabilidad, la fuerza y la verdad.

Consideremos, por último, el problema de los correlatos de las hipótesis científicas como totalidades, más que los de sus predicados constituyentes. Todo enunciado contiene los que podríamos llamar predicados rectores; el análisis de éstos mostrará cuál es el correlato del enunciado. Así, el correlato de "Los átomos no están nunca en reposo" es el conjunto de los átomos; el correlato de "Las moléculas se componen de átomos" es el conjunto de todos los pares de átomos y moléculas (el producto cartesiano del conjunto de los átomos por el conjunto de las moléculas), y el correlato de "La temperatura es una variable de estado" es la propiedad física de temperatura. La temperatura, la propiedad física molecular, es el correlato de ese último enunciado, pero éste tiene además un correlato indirecto o mediato, a saber, el conjunto de los sistemas físicos moleculares. Si atendemos a los correlatos inmediatos, hallaremos que las hipótesis científicas pretenden referir a la experiencia (posible más que actual) o bien a la experiencia y al hecho objetivo, o bien al hecho objetivo sólo, o bien a un modelo conceptual de los hechos. Más detalladamente, tenemos las siguientes clases posibles de hipótesis científicas por lo que hace a su correlato inmediato.

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

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

3. Hipótesis de *correlato fáctico*, como "Los terremotos tienden a ocurrir cerca de fallas". Se supone que estas hipótesis se refieren a hechos objetivos y a sus propiedades. Pero en realidad, ni siquiera la hipótesis científica más elaborada se refiere a hechos enteros, sino a rasgos escogidos de sistemas concretos, acaecimientos o procesos. Ejemplo: "El hidrógeno tiene tres isótopos". Mientras que las hipótesis de correlato experiencial no contienen más que conceptos observacionales, las de correlato fáctico

contienen además o en lugar de ellos conceptos trasempíricos como el de "hereditario". En cierto sentido el progreso del conocimiento consiste en sustituir conceptos observacionales por conceptos trasempíricos, y, análogamente, la hipótesis experiencial, centrada en torno al sujeto, por hipótesis centrada en torno al objeto.

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

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

PROBLEMAS

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

5.3.2. Formular una hipótesis científica de cada alcance posible.

5.3.3. Ilustrar los conceptos de hipótesis aislada e hipótesis sistémica.

5.3.4. Tomar un enunciado de ley cuantitativa que tenga la forma de una ecuación y no pueda tener ejemplos de sustitución a menos de someterlo a alguna transformación.

5.3.5. Citar un par de predicados distributivos (hereditarios) y otro de predicados globales (no-hereditarios).

5.3.6. Ilustrar los conceptos de hipótesis en bruto e hipótesis refinada.

5.3.7. ¿Por qué se prefieren las igualdades a las desigualdades?

5.3.8. Examinar las dos opiniones siguientes: (i) las hipótesis científicas son generalizaciones universales referentes a la experiencia; (ii) las hipótesis científicas expresan relaciones entre hechos.

5.3.9. Formular con detalle las condiciones que tiene que satisfacer una conjetura para referir a experiencia humana y ser, a pesar de ello, una hipótesis, no un mero resumen de experiencia actual. *Problema en lugar de éste*: Estudiar la exposición que hace Platón, en el *Fedón*, del método de las hipótesis.

5.3.10. Estudiar detalladamente las hipótesis de "como-si", por ejemplo: "Las fuerzas gravitatorias obran sobre los cuerpos como si estos últimos estuvieran concentrados en su centro de masa". ¿Es posible prescindir de la expresión 'como si'?

5.4. Clases: Punto de vista Gnoseológico

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

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

2. Las hipótesis halladas *inductivamente* son las compuestas sobre la base del examen caso por caso. Podemos distinguir entre dos tipos de generalización inductiva: (i) *inducción de primer grado*, o inferencia que va de enunciados particulares a enunciados generales, como cuando del examen de cierto número de casos individuales se infiere que "El estudio del francés interfiere con el aprendizaje simultáneo del italiano"; (ii) *inducción de segundo grado*, o generalización de generalizaciones de primer grado, como cuando se imagina la conjetura general "El aprendizaje de cualquier tema interfiere con el de cualquier otro tema contiguo" sobre la base de generalizaciones de primer grado referentes al aprendizaje de concretos pares de temas. La inducción, especialmente cuando no parte de enunciados empíricos singulares, tiene un lugar importante en la construcción de la ciencia, pero su papel es mucho más importante en la "inferencia de conclusiones" a partir de la comparación de previsiones teóricas generales con datos empíricos.

La inducción *empírica*, esto es, la generalización de casos observados, ha sido groseramente sobrestimada por los filósofos, cuya atención estaba absorbida por los primeros estadios (pre-teóricos) de la investigación, así como por la contrastación empírica de hipótesis no-inductivas. "El induc-

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

3. Las hipótesis halladas *intuitivamente* son aquellas cuya introducción no ha sido planeada, y que tienen un aspecto natural y obvio: para una visión primaria y superficial, parecen nacidas por generación espontánea, sin investigación previa ni elaboración lógica. Pero esta impresión es falsa, pues toda hipótesis tiene que ir por lo menos acompañada por el "sentimiento" de que es lógicamente consistente, compatible con el cuerpo del conocimiento previo y contrastable, si es que tiene que considerarse científica; y ese "sentir" no significa sino un sospechar oscuramente (cfr. Sección 5.1). Muchas hipótesis que hoy día parecen "naturales", "obvias" e "intuitivas" son construcciones bastante elaboradas que no habrían podido concebirse en épocas anteriores ni en distintos climas intelectuales. Por ejemplo, la hipótesis según la cual existe una relación fija entre la cantidad de calor que emite una estufa eléctrica y la cantidad de energía eléctrica que consume parece ahora obvia porque pagamos el consumo de energía; pero ni siquiera se imaginó —por no hablar ya de comprobar— antes de

que se sospechara que la electricidad podría convertirse en calor, sospecha confirmada por J. P. Joule en 1843. La hipótesis, no menos "natural", de que el efecto biológico de una droga está relacionado con su constitución química no se formuló hasta esa misma época aproximadamente (J. Blake, 1841). Esas dos hipótesis eran tan poco intuitivas en el momento en que se formularon que tuvieron que luchar seriamente hasta ser reconocidas: pasar este hecho por alto es tan insensato como negar que la invención de hipótesis no se consigue mediante la mera acumulación de datos, sino que exige alguna intelección y se produce frecuentemente como una iluminación —pero jamás sin algún conocimiento previo y su ponderación.

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

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

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

Y el hecho de que no existan técnicas *infalibles* para la formación de hipótesis no implica que no existan determinadas *vías de aproximación*: existen tantas cuantos modos de pensar. Un modo de pensar característico de nuestra época es el estilo probabilístico. Considérese, por ejemplo, la transmisión de mensajes a lo largo de un canal como puede ser una línea telefónica de larga distancia. Supongamos que el problema consista en formular una hipótesis sobre la inteligibilidad de esos mensajes. Una medición adecuada de la inteligibilidad de una palabra para su receptor es la

probabilidad de que éste pueda identificarla correctamente a la primera presentación de la misma. Una vez cuantificado de este modo, y dilucidado al mismo tiempo, el concepto de inteligibilidad, es más bien fácil construir una hipótesis relativa a la inteligibilidad de un mensaje tras un determinado número de repeticiones: la teoría matemática de la probabilidad actúa aquí como una incubadora de la hipótesis factual. Análogamente, el biólogo teórico usará teorías físicas para la formación de hipótesis biológicas, y el historiador usará teorías sociológicas para la formación de hipótesis históricas. Este procedimiento que consiste en hacer que una teoría de especie distinta trabaje como incubadora de una hipótesis de la teoría propia podría llamarse *técnica de cuclillo*.

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

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

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

se incluyen en alguna teoría tiene que ser mediante su traducción a enunciados no-observacionales.

2. Las hipótesis *no-observacionales* son las que contienen conceptos no-observacionales, ya sea variables intervinientes (por ejemplo, "promedio"), ya sea construcciones hipotéticas (por ejemplo, "inercia"). Tales conceptos no se encuentran entre los datos empíricos en bruto, pero el conocimiento ordinario está lleno de ellos: "alegría", "amor", "pensamiento", "objetivo" y otros muchos conceptos parecidos no pueden ser nunca objeto de observación para establecer si son verdaderos o falsos de algo; esto tiene que suponerse o inferirse siempre. Los conceptos no-observacionales *ordinarios* pueden presentarse en las hipótesis científicas del estadio descriptivo de una disciplina; tal es el caso de "El suicidio es más frecuente entre los protestantes que entre los católicos". Pero en los estadios ya más adelantados no se encuentran más que hipótesis no-observacionales *teóricas*, como "La inhibición de la digestión en los estados de tensión emocional favorece el uso de la sangre por los órganos efectores". Existen también hipótesis de nivel intermedio, las cuales contienen a la vez conceptos ordinarios y conceptos teóricos y funcionan como puentes entre la teoría y la experiencia. Un ejemplo de esas hipótesis *mixtas* o intermedias es "La carne es rica en proteínas". La presencia de hipótesis mixtas en una teoría es condición suficiente de la contrastabilidad empírica de ésta, pero no es una condición necesaria: en la mayoría de los casos las predicciones de la teoría se traducirán a un lenguaje semi-empírico: por ejemplo, 'rayo de luz' se traducirá por 'haz de luz'. Lo importante para una hipótesis científica no consiste en asegurar la presencia de conceptos ordinarios en ella, y aún menos la de conceptos observacionales: lo que hay que garantizar es la ausencia de conceptos inescrutables en la hipótesis, tales como "energía de la libido" o "movimiento desde el futuro hacia el pasado". Para ser contrastable, una hipótesis no tiene que contener más que predicados *escrutables*, por complicados que sean.

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

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