

la investigación científica

mario bunge

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Su estrategia y su filosofía

por
MARIO BUNGE

traducción de
MANUEL SACRISTÁN

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Su estrategia y su filosofía

por
MARIO BUNGE





siglo xxi editores, s.a. de c.v.

CERRO DEL AGUA 248, DELEGACIÓN COYOACÁN, 04310, MEXICO, D.F.

siglo xxi editores argentina, s.a.

TUCUMÁN 1621, 7 N, C1050AAG, BUENOS AIRES, ARGENTINA

portada de patricia reyes baca

primera edición, 2000 (corregida de la 2a. ed., barcelona, ariel)

tercera edición, 2004

© siglo xxi editores, s.a. de c.v.

isbn 968-23-2225-1

derechos reservados conforme a la ley

impreso y hecho en México/printed and made in Mexico

ÍNDICE

PRÓLOGO A LA PRESENTE EDICIÓN	xi
UN CUENTO PARA EMPEZAR	xiii
CÓMO USAR ESTE LIBRO	xv

PARTE I. ENFOQUE Y HERRAMIENTAS

1. EL ENFOQUE CIENTÍFICO	3
1.1. Conocimiento: ordinario y científico, 3; 1.2. El método científico, 7; 1.3. La táctica científica, 13; 1.4. Las ramas de la ciencia, 19; 1.5. Objetivo y alcance de la ciencia, 23; 1.6. Pseudociencia, 32; Bibliografía, 39	
2. CONCEPTO	41
2.1. Lenguajes científicos, 41; 2.2. Término y concepto, 50; 2.3. Intensión y referencia, 58; 2.4. División, ordenación y sistemática, 66; 2.5. De la sistemática preteórica a la teórica, 73; 2.6. Sistemática de conceptos, 79; Bibliografía, 85	
3. DILUCIDACIÓN	87
3.1. Vaguedad y casos limítrofes, 87; 3.2. Exactificación, 96; 3.3. Definición, 104; 3.4. *Problemas de la definición, 114; 3.5. Interpretación, 122; 3.6. Procedimientos interpretativos, 128; 3.7. La “validez” de los conceptos, 136; Bibliografía, 142	

PARTE II. LAS IDEAS CIENTÍFICAS

4. PROBLEMA	145
4.1. La fuente de la ciencia, 146; 4.2. *Lógica de problemas, 149; 4.3. Problemas científicos, 161; 4.4. Un paradigma, un marco y una comparación, 168; 4.5. Heurística, 174; 4.6. El fin de los problemas científicos, 179; 4.7. Problemas filosóficos, 187; Bibliografía, 193	

5. HIPÓTESIS	194
5.1. Significados de 'hipótesis', 194; 5.2. Formulación, 199; 5.3. *Clases: forma y contenido, 207; 5.4. Clases: punto de vista gnoseológico, 212; 5.5. Fundamento, 220; 5.6. Contrastabilidad, 227; 5.7. Requisitos, 237; 5.8. Funciones, 243; 5.9. Hipótesis filosóficas en la ciencia, 252; Bibliografía, 263	
6. LEY	265
6.1. Variables e invariantes, 265; 6.2. La búsqueda de leyes, 273; 6.3. Clases, 282; 6.4. Forma y contenido, 290; 6.5. Fórmulas y pautas, 299; 6.6. Requisitos, 309; 6.7. *Leyes de leyes, 316; 6.8. La regla de la ley, 322; Bibliografía, 330	
7. TEORÍA: ESTÁTICA	332
7.1. El sistema nervioso de la ciencia, 332; 7.2. La unidad conceptual, 342; 7.3. Deducibilidad, 350; 7.4. Teoría abstracta e interpretación, 362; 7.5. *Probabilidad: cálculo, modelos, interpretaciones erróneas, 371; 7.6. *Desiderata formales, 383; Bibliografía, 393	
8. TEORÍA: DINÁMICA	394
8.1. Construcción de teorías, 394; 8.2. Matematización, 409; 8.3. *Reconstrucción (formalización), 434; 8.4. Referencia y evidencia, 434; 8.5. Profundidad, 445; Bibliografía, 455	
PARTE III. LA APLICACIÓN DE LAS IDEAS CIENTÍFICAS: DE LA EXPLICACIÓN A LA ACCIÓN	
9. EXPLICACIÓN	459
9.1. Contestación a los porqués, 459; 9.2. Explicación no científica, 464; 9.3. Subsunción científica, 471; 9.4. Explicación mecanísmica, 478; 9.5. *Explicación mecanísmica y reducción a leyes, 485; 9.6. Poder explicativo, 494; 9.7. Funciones y alcance, 503; Bibliografía, 512	
10. PREDICCIÓN	513
10.1. Proyección, 513; 10.2. Proyección estocástica, 520; 10.3. Proyección histórica, 529; 10.4. Potencia proyectiva, 539; 10.5. Dificultades y paradojas, 550; Bibliografía, 560	

ÍNDICE	ix
11. ACCIÓN	562
11.1. Verdad y acción, 562; 11.2. La regla tecnológica, 571; 11.3. La previsión tecnológica, 578; Bibliografía, 586	
 PARTE IV. LA CONTRASTACIÓN DE LAS IDEAS CIENTÍFICAS: DE LA OBSERVACIÓN A LA INFERENCIA	
12. OBSERVACIÓN	591
12.1. Hecho, 591; 12.2. Observabilidad, 599; 12.3. Indicador, 607; 12.4. Datos y evidencia, 612; 12.5. Funciones, 620; Bibliografía, 625	
13. MEDICIÓN	627
13.1. Cuantificación numérica, 627; 13.2 Valor medido, 638; 13.3. Cómputo, 644; 13.4. Escala y unidad, 650; 13.5. Técnicas, 661; 13.6. Resultado, 670; Bibliografía, 676	
14. EXPERIMENTO	678
14.1. Cambio planificado, 678; 14.2. Control, 686; 14.3. Proyecto, 693; 14.4. Significación, 698; 14.5. Prueba de la contrastación, 703; 14.6. Funciones, 706; Bibliografía, 711	
15. LA INFERENCIA CIENTÍFICA	712
15.1. Inferencia, 712; 15.2. Contrastación de proposiciones observacionales, 719; 15.3. Contrastación de hipótesis, 725; 15.4. Confirmación y refutación, 735; 15.5. Una historia ejemplar: Torricelli, 746; 15.6. Contrastación de teorías, 753; 15.7. Examen de teorías, 762; Bibliografía, 775	
 EPÍLOGO. FINES Y MEDIOS DE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA	776
Bibliografía, 780	
SÍMBOLOS ESPECIALES	782
ÍNDICE ONOMÁSTICO	783
ÍNDICE ANALÍTICO	791

PRÓLOGO A LA PRESENTE EDICIÓN

Tanto los defensores como los detractores de la modernidad concuerdan en que sus motores son la ciencia y la técnica. Sin embargo, éstas son practicadas por pocos y entendidas por menos. Para peor, son ampliamente incomprendidas. Por ejemplo, suele confundírselas entre sí y atribuírseles todos los bienes o, al contrario, todos los males de nuestro tiempo. También ocurre que se las admira pero se las considera artículos suntuarios, particularmente en los países subdesarrollados. Son pocos quienes advierten que, por carecer de ciencia y técnica propias, estos países no se desarrollan en profundidad ni de manera sostenible.

Hay dos maneras de entender lo que son la ciencia y la técnica. Una es estudiarlas y practicarlas. La otra es hacer filosofía, historia, sociología o antropología de la ciencia y de la técnica. La filosofía de esos campos de la cultura ayuda a entender qué son; la historia, qué fueron y cuáles fueron las estrategias exitosas; y la sociología y la antropología, cómo modifican a la sociedad y a su vez cómo ésta las condiciona.

Ambas vías se complementan mutuamente. Mal se puede hacer filosofía, historia, sociología o antropología de X, si no se sabe algo de X. Y quien se dedica exclusivamente a hacer X corre peligro de extraviarse y se priva del placer de entender cabalmente qué está haciendo, de enterarse qué tradición está prolongando o modificando, y cuáles son las fuerzas económicas, políticas o ideológicas que estimulan o inhiben el desarrollo de su disciplina.

Esto vale no sólo para quienes estudian o hacen ciencia o técnica, sino también para quienes administran centros científicos o diseñan políticas de desarrollo (o subdesarrollo) científico y técnico. Por ejemplo, quien crea que toda investigación es experimental descuidará la investigación teórica; quien crea que las ideas emanan de grupos favorecerá a los equipos de investigadores, por mediocres que éstos sean; quien crea que las computadoras piensan preferirá invertir más en ellas que en cerebros; quien crea que la técnica es una colección de artefactos preferirá importarlos a formar buenos técnicos; y quien crea que el mercado empuja a la técnica, y nunca al revés, dirá que el mercado nacional no necesita técnicos originales. La buena filosofía guía, la mala extravía.

Los lectores al tanto de la moda posmoderna advertirán que el autor se quedó atrás: aún cree que la ciencia procura verdades, y que éste es el motivo por el cual importan tanto las pruebas; aún cree que las ideas se forman en cerebros individuales aunque, desde luego, se comparten y se discuten en grupos; aún cree que la claridad es condición necesaria de todo discurso racional, y aún cree que éste merece ser cultivado y protegido.

Este tratado es fruto de los cursos y seminarios sobre metodología y filosofía de la ciencia dictados por el autor en las universidades de Buenos Aires, Pennsylvania, Montevideo, Texas, Temple, Delaware, Freiburg i.Br., McGill, ETH (Zürich), México, Ginebra y varias otras durante cuatro décadas. Las notas y borradores sucesivos fueron ensa-

yados con los estudiantes y corregidos a la luz de la experiencia recogida, así como de observaciones de docenas de colegas en una veintena de países.

Ésta es la tercera edición de la traducción castellana de *Scientific Research* (Berlín-Heidelberg-Nueva York, Springer, 1967, 1973). Esta obra fue reeditada bajo el título *Philosophy of Science* (New Brunswick, NJ: Transaction Publishers, 1998). La primera edición en castellano de este tratado apareció en 1969. En la presente edición se han introducido numerosas correcciones y se ha actualizado la bibliografía. Para la dilucidación de puntos especiales me remito a los ocho tomos de mi *Treatise on Basic Philosophy* (Dordrecht-Boston, Reidel-Kluwer, 1974-1989), así como a mis demás libros.

Dedico esta obra a mi mujer, Marta, quien me alentó a escribirlo y pulirlo.

MARIO BUNGE

Foundations & Philosophy of Science Unit
McGill University, Montreal

UN CUENTO PARA EMPEZAR

Los cinco Sabios del Reino de *, de vuelta de una larga estancia en la República de **, se estaban quietos y temerosos ante su soberana la Reina: estaban informando a la Reina acerca de la Cosa Rara que existe en aquella república.

“Dinos, oh sabio Protos, ¿qué aspecto tiene la Cosa Rara?”, preguntó la Reina al sabio más anciano.

“La Cosa Rara a la que llaman Ciencia, oh Majestad, puede registrar y comprimir todos los hechos. En realidad, la Ciencia es un enorme Registro.” Así habló Protos.

“¡Que le corten la cabeza!”, gritó la Reina, roja de ira. “¿Cómo podemos creer que la Cosa Rara es una máquina sin pensamiento, cuando hasta Nos tenemos ideas?” Tras de lo cual se dirigió a Deúteros, el más viejo de los sabios que quedaban.

“Dinos, oh sabio Deúteros, ¿qué aspecto tiene la Cosa Rara?”

“La Cosa Rara, Majestad, no es un registrador pasivo, sino un atareado molino de información: absorbe toneladas de datos en bruto y los elabora y presenta en orden. Mi decisión es que la Ciencia es un enorme Calculador.” Así habló Deúteros.

“¡Que le corten la cabeza!”, gritó la Reina, verde de ira. “¿Cómo podemos creer que la Cosa Rara es un autómatas si hasta Nos tenemos caprichos y flaquezas?” Tras de lo cual se dirigió a Tritos, el de media edad.

“Dinos, oh sabio Tritos, ¿qué aspecto tiene la Cosa Rara?”

“No hay tal Cosa Rara, Majestad. La ciencia es un Juego esotérico. Los que lo juegan establecen sus reglas, y las cambian de vez en cuando de un modo misterioso. Nadie sabe a qué juegan ni con qué fin. Admitamos, pues, que la Ciencia, como el lenguaje, es un Juego.” Así habló Tritos.

“¡Que le corten la cabeza!”, gritó la Reina, amarilla de ira. “¿Cómo podemos creer que la Cosa Rara no se toma las cosas en serio, cuando hasta Nos somos capaces de hacerlo?”

Tras de lo cual se dirigió a Tétartos, sabio maduro.

“Dinos, oh sabio Tétartos, ¿qué aspecto tiene la Cosa Rara?”

“La Cosa Rara, oh Majestad, es un hombre que medita y ayuna. Tiene visiones, intenta probar que son erradas y no se enorgullece cuando no lo consigue. Yo creo que la Ciencia —y reto a todos a que me refuten— es un Visionario Flagelante.” Así habló Tétartos.

“¡Que le corten la cabeza!”, gritó la Reina, blanca de ira. “Este informe es más sutil que los otros, pero ¿cómo podemos creer que a la Cosa Rara no le importan la justificación ni la gratificación cuando hasta Nos las procuramos?”

Tras de lo cual se dirigió a Pentós, el joven sabio.

Pero Pentós, temiendo por su vida, había huido ya. Huyó sin parar durante días y noches, hasta que cruzó la frontera del Reino de * y llegó a mi despacho, en el que ha estado trabajando desde entonces. Pentós ha terminado de escribir su voluminoso *Informe sobre la Cosa Rara, su Anatomía, su Fisiología y su Comportamiento*, que yo he traducido al inglés. Aún acosado por sus dolorosos recuerdos de las rudas costumbres vi-

gentes en el Reino de *, Pentós desea permanecer en el anonimato. Teme, acaso con razón, que esta exposición de la Cosa Rara será poco gustada, puesto que la gente prefiere sencillos credos en blanco y negro en los que pueda creer con certeza. La impresión de Pentós sobre la Cosa Rara es, en efecto, mucho más complicada que los modelos del Registro, el Calculador, el Juego o el Visionario Flagelante, aunque reconoce su deuda para con sus cuatro desgraciados y difuntos colegas.

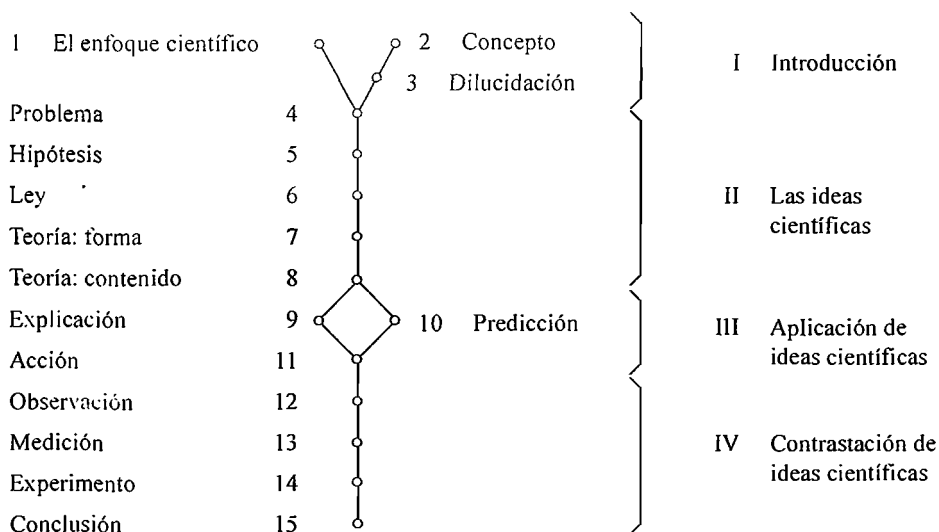
Todo esto explicará al lector por qué el quinto informe acerca de la Cosa Rara aparece con un título distinto y bajo otro nombre de autor. Esperemos que este expediente salve a Pentós de la ira de los celosos seguidores de credos sencillos.¹

¹ *Nota añadida en pruebas.* Los cuatro Sabios del Reino * siguen vivos. Protos y Deúteros sobrevivieron porque el verdugo no encontró en ellos cabeza que cortar. Tritos, porque tras la ejecución consiguió que le creciera un nuevo cráneo por convención. Tétartos, porque se inventó un cerebro nuevo en cuanto le refutaron el que tenía.

CÓMO USAR ESTE LIBRO

Este tratado de metodología y filosofía de la ciencia se divide en cuatro partes. La parte I, *Enfoque y herramientas*, ofrece una ojeada general del esquema de la ciencia (capítulo 1) y algunos instrumentos lógicos y semánticos (capítulos 2 y 3) que se necesitarán más adelante. La exposición de la investigación científica propiamente dicha empieza en la parte II, sobre *Las ideas científicas*. En el principio fue el Problema, tema estudiado en el capítulo 4. Luego se considera el intento de solución a un problema científico, o sea, la hipótesis (capítulo 5). A continuación se considera la hipótesis en cuanto se la supone reproducción de una estructura objetiva, esto es, la ley científica (capítulo 6). La construcción y el reajuste de sistemas de hipótesis y leyes —o sea, de teorías— se examinan en los capítulos 7 (subrayando el aspecto formal) y 8 (subrayando el aspecto de contenido). Luego viene la parte III, *La aplicación de las ideas científicas*. El capítulo 9 trata de la aplicación de las teorías a la explicación, y el capítulo 10 de su aplicación a la predicción y a la retrodicción. El capítulo 11, sobre la acción racional, pertenece a la filosofía de la tecnología. Por último, la parte IV, *La contrastación de las ideas científicas*, empieza estudiando la observación (capítulo 12), y luego pasa a estudiar la medición (capítulo 13) y el experimento (capítulo 14). La parte IV termina con el estudio del paso de las conclusiones obtenidas de los datos a las hipótesis y viceversa (capítulo 15).

Un vistazo a las relaciones lógicas entre los capítulos puede ser de utilidad al lector para el uso del libro y para la comprensión de la filosofía de la ciencia que se propone en el mismo (véase el esquema siguiente).



Los párrafos entre asteriscos pueden omitirse en una primera lectura.

Lo que, en cambio, no debe omitirse son los problemas formulados al final de cada sección. La finalidad de éstos es triple: comprobar la comprensión del texto por el lector, resquebrajar su fe en él y moverle a seguir pensando por sí mismo en el tema. Hay más de mil preguntas o dificultades de este tipo. Cada conjunto de problemas ha sido ordenado a grandes rasgos por orden creciente de dificultad: los primeros de cada conjunto son corrientemente ejercicios, mientras que algunos de los últimos son ya problemas de investigación. Al distribuir esos problemas el director del estudio debe precisar y tener presente el conocimiento previo que requieran en cada caso.

Las discusiones con colegas teóricos de la ciencia o estudiosos de cuestiones meta-científicas se han evitado por lo común en el texto y se han remitido a los problemas. También las referencias bibliográficas se han relegado a los problemas y a las listas dadas al final de cada capítulo. Como consecuencia de ello, cada sección ofrece la posibilidad de una lectura seguida sin interrupciones.

El libro ha sido preparado tanto para lectura individual cuanto para usarlo en cursos de Método Científico y Filosofía de la Ciencia. Como el texto oscila constantemente entre un nivel de introducción y otro ya más elevado, puede adaptarse para usos bastante diversos. Por ejemplo, puede usarse como sustituto de lecciones “magistrales”, las cuales, realmente, parecen algo anacrónicas desde Gutenberg. Seguramente será más interesante y fructífera una libre discusión del texto y de algunos problemas, así como de los resultados de una exploración de la bibliografía aconsejada.

Una última advertencia: todo libro que trate nuestro tema tiende a dirigir molestas exigencias a su lector, al que se pide que navegue constantemente entre la Escila de la ciencia y la Caribdis de la filosofía. El autor simpatiza con el navegante, pero no tiene mucho que ofrecerle para evitarle esa incomodidad; lo más que puede hacer es enunciar el siguiente truismo: el naufragio puede evitarse no navegando o adquiriendo por hábito la habilidad de navegar. Que el presente libro pueda ser un antídoto para los que se marean ante la mera idea de tener que aprender algo, y una modesta guía para los que desean contemplar más de cerca la Cosa Rara. Pero permítaseme recordar que no se pide a ningún guía que haga el camino por nosotros.

Un último consejo: cuando el lector se tope con algún vocablo filosófico o nombre de filósofo que desconozca, hará bien en consultar el excelente *Diccionario de filosofía* de José Ferrater Mora, en cuatro tomos (Madrid, Alianza Editorial, 1979), o el mío propio, *Diccionario de filosofía* (México, Siglo XXI, 2000).

PARTE I

ENFOQUE Y HERRAMIENTAS

Será conveniente empezar con una visión panorámica de los medios y fines peculiares al enfoque científico. Esa visión previa se ofrece en el capítulo 1. Como le ocurre a cualquier exposición breve de un tema rico de contenido, también ésta tendrá que presentarse de un modo bastante dogmático; pero esperamos que el resto del libro la justificará. Luego necesitaremos un puente entre la ciencia y la filosofía: lo encontraremos en los capítulos 2 y 3, que discuten la semántica de los conceptos científicos y la lógica de algunas operaciones conceptuales que no por ser familiares dejan de ser peliagudas, como la clasificación y la definición.

1. EL ENFOQUE CIENTÍFICO

La ciencia es un estilo de pensamiento y de acción: precisamente el más reciente, el más universal y el más provechoso de todos los estilos. Como ante toda creación humana, tenemos que distinguir en la ciencia entre el trabajo –investigación– y su producto final, el conocimiento. En este capítulo consideraremos tanto los esquemas generales de la investigación científica –el método científico– cuanto su objetivo.

1.1. CONOCIMIENTO: ORDINARIO Y CIENTÍFICO

Una investigación científica arranca con la percepción de que el acervo de conocimiento disponible es *insuficiente* para manejar determinados problemas. No empieza con un borrón y cuenta nueva, porque la investigación se ocupa de problemas, y no es posible formular una pregunta –por no hablar ya de darle respuesta– fuera de algún cuerpo de conocimiento: sólo quienes ven pueden darse cuenta de que falta algo.

Parte del conocimiento previo de que arranca toda investigación es conocimiento ordinario, esto es, conocimiento no especializado, y parte de él es conocimiento científico, o sea, se ha obtenido mediante el método de la ciencia y puede volver a someterse a prueba, enriquecerse y, llegado el caso, superarse mediante el mismo método. A medida que progresa, la investigación corrige o hasta rechaza porciones del acervo del conocimiento ordinario. Así se enriquece este último con los resultados de la ciencia: parte del sentido común de hoy día es resultado de la investigación científica de ayer. La ciencia, en resolución, crece a partir del conocimiento común y le rebasa con su crecimiento: de hecho, la investigación científica empieza en el lugar mismo en que la experiencia y el conocimiento ordinarios dejan de resolver problemas o hasta de plantearlos.

La ciencia no es una mera prolongación ni un simple afinamiento del conocimiento ordinario, en el sentido en que el microscopio, por ejemplo, amplía el ámbito de la visión. La ciencia es un conocimiento de naturaleza especial: trata primariamente, aunque no exclusivamente, de acaecimientos inobservables e insospechados por el lego no educado; tales son, por ejemplo, la evolución de las estrellas y la duplicación de los cromosomas: la ciencia inventa y arriesga conjeturas que van más allá del conocimiento común, tales como las leyes de la mecánica cuántica o las de los reflejos condicionados; y somete esos supuestos a contrastación con la experiencia con ayuda de técnicas especiales, como la espectroscopia o el control del jugo gástrico, técnicas que, a su vez, requieren teorías especiales.

Consiguientemente, el sentido común no puede ser juez autorizado de la ciencia, y el intento de estimar las ideas y los procedimientos científicos a la luz del conocimiento común u ordinario exclusivamente es descabellado: la ciencia elabora sus propios cánones.

nes de validez y, en muchos temas, se encuentra muy lejos del conocimiento común, el cual va convirtiéndose progresivamente en ciencia fósil. Imaginémos a la mujer de un físico rechazando una nueva teoría de su marido sobre las partículas elementales porque esa teoría no es intuitiva, o a un biólogo que se aferrara a la hipótesis de la naturaleza hereditaria de los caracteres adquiridos simplemente porque esa hipótesis coincide con la experiencia común por lo que hace a la evolución cultural. Parece estar clara la conclusión que deben inferir de todo eso los filósofos: no intentemos reducir la ciencia a conocimiento común, sino aprendamos algo de ciencia antes de filosofar sobre ella.

La discontinuidad radical entre la ciencia y el conocimiento común en numerosos aspectos y, particularmente por lo que hace al método, no debe, de todos modos, hacernos ignorar su continuidad en otros aspectos, por lo menos si se limita el concepto de conocimiento común a las opiniones sostenidas por lo que se suele llamar sano sentido común o, en otras lenguas, buen sentido. Efectivamente, tanto el sano sentido común cuanto la ciencia aspiran a ser *racionales y objetivos*: son críticos y aspiran a coherencia (racionalidad), e intentan adaptarse a los hechos en vez de permitirse especulaciones sin control (objetividad).

Pero el ideal de racionalidad, a saber, la sistematización coherente de enunciados fundados y contrastables, se consigue mediante teorías, y éstas son el núcleo de la ciencia, más que del conocimiento común, acumulación de piezas de información laxamente vinculadas. Y el ideal de la objetividad —a saber, la construcción de imágenes de la realidad que sean verdaderas e impersonales— no puede realizarse más que rebasando los estrechos límites de la vida cotidiana y de la experiencia privada, abandonando el punto de vista antropocéntrico, formulando la hipótesis de la existencia de objetos físicos más allá de nuestras pobres y caóticas impresiones, y contrastando tales supuestos por medio de la experiencia intersubjetiva (transpersonal) planeada e interpretada con la ayuda de teorías. El sentido común no puede conseguir más que una objetividad limitada porque está demasiado estrechamente vinculado a la percepción y a la acción, y cuando las rebasa lo hace a menudo en la forma del mito: sólo la ciencia inventa teorías que, aunque no se limitan a condensar nuestras experiencias, pueden contrastarse con ésta para ser verificadas o falsadas.

Un aspecto de la objetividad que tienen en común el buen sentido y la ciencia es el *naturalismo*, o sea, la negativa a admitir entidades no naturales (por ejemplo, un pensamiento desencarnado) y fuentes o modos de conocimiento no naturales (por ejemplo, la intuición metafísica). Pero el sentido común, reticente como es ante lo inobservable, ha tenido a veces un efecto paralizador de la imaginación científica. La ciencia, por su parte no teme a las entidades inobservables que supone hipotéticamente, siempre que el conjunto hipotético pueda mantenerse bajo su control: la ciencia, en efecto, tiene medios muy peculiares (pero nada esotéricos ni infalibles) para someter a contraste o prueba dichos supuestos.

Una consecuencia de la vigilancia crítica y de la recusación naturalista de los modos de conocimientos esotéricos es el *falibilismo*, o sea, el reconocimiento de que nuestro conocimiento del mundo es provisional e incierto —lo cual no excluye el progreso científico, sino que más bien lo exige. Los enunciados científicos, igual que los de la experiencia común, son opiniones, pero opiniones ilustradas (fundadas y contrastables) en vez de

dicta arbitrarios o charlas insusceptibles de contrastación o prueba. Lo único que puede probarse hasta quedar más allá de toda duda razonable son o bien teoremas de la lógica y la matemática, o bien enunciados fácticos triviales (particulares y de observación) como “este volumen es pesado”.

Los enunciados referentes a la experiencia inmediata no son esencialmente incorregibles, pero rara vez resultan dignos de duda: aunque son también conjeturas, en la práctica los manejamos como si fueran certezas. Precisamente por esa razón son científicamente irrelevantes: si puede manejarlos de un modo suficiente el sentido común, ¿por qué apelar a la ciencia? Ésta es la razón por la cual no existe una ciencia de la mecanografía ni de la conducción de automóviles. En cambio, los enunciados que se refieren a algo más que la experiencia inmediata son dudosos y, por tanto, vale la pena someterlos varias veces a contrastación y darles un fundamento. Pero en la ciencia la duda es mucho más creadora que paralizadora: la duda estimula la investigación, la búsqueda de ideas que den razón de los hechos de un modo cada vez más adecuado. Así se produce un abanico de opiniones científicas de desigual peso: unas de ellas están mejor fundadas y más detalladamente contrastadas que otras. Por eso el escéptico tiene razón cuando duda de cualquier cosa en particular, y yerra cuando duda de todo en la misma medida.

Dicho brevemente: las opiniones científicas son racionales y objetivas como las del sano sentido común: pero mucho más que ellas. ¿Y qué es entonces —si algo hay— lo que da a la ciencia su superioridad sobre el conocimiento común? No, ciertamente, la sustancia o tema, puesto que un mismo objeto puede ser considerado de modo no científico, o hasta anticientífico, y según el espíritu de la ciencia. La hipnosis, por ejemplo, puede estudiarse de un modo acientífico, como ocurre cuando se describen casos sin la ayuda de la teoría ni del experimento. También puede considerarse como un hecho super-normal o hasta sobrenatural, que no implica ni a los órganos de los sentidos ni al sistema nervioso, o sea, como resultado de una acción directa de mente a mente. Por último, puede plantearse el estudio de la hipnosis científicamente, esto es, construyendo conjeturas acerca del mecanismo fisiológico subyacente al comportamiento hipnótico y controlando o contrastando dichas hipótesis en el laboratorio. En principio, pues, el objeto o tema no es lo que distingue a la ciencia de la no-ciencia, aunque algunos problemas determinados —por ejemplo, el de la estructura de la materia— difícilmente puedan formularse fuera de un contexto científico.

Si la “sustancia” (objeto) no puede ser lo distintivo de toda ciencia, entonces tienen que serlo la “forma” (el procedimiento) y el objetivo: la peculiaridad de la ciencia tiene que consistir en el modo como opera para alcanzar algún objetivo determinado, o sea, en el método científico y en la finalidad para la cual se aplica dicho método. (Prevención: ‘método científico’ no debe construirse como nombre de un conjunto de instrucciones mecánicas e infalibles que capacitaran al científico para prescindir de la imaginación; no debe interpretarse tampoco como una técnica especial para el manejo de problemas de cierto tipo). El *enfoque científico*, pues, está constituido por el *método científico* y por el *objetivo* de la ciencia.

Echemos un vistazo al enfoque científico, pero no sin aplicar antes nuestras capacidades a alguno de los siguientes problemas.

Problemas

1.1.1. Escritores y humanistas se lamentan con cierta frecuencia de que la ciencia deshumaniza porque elimina los elementos llamados humanos. Examínese esta opinión.

1.1.2. ¿Es la ciencia objetiva hasta el punto de excluir puntos de vista? ¿O más bien se limita a no autorizar sino la consideración de puntos de vista que estén fundados de alguna manera y sean contrastables, sometibles a prueba? Puede verse una reciente crítica del “mito” según el cual la ciencia es objetiva en R. Rorty, *Objectivity, Relativism, and Truth* (Cambridge, Cambridge University Press, 1991). Para un contra-ataque, véase N. Rescher, *Objectivity* (Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1997). Indicación: téngase clara la distinción entre la psicología de la investigación —que se ocupa de los motivos, las tendencias, etc., de cada investigador— y la metodología de la investigación. Cf. K. R. Popper, *The Open Society and its Enemies*, 4a. ed., Londres, Routledge and Kegan Paul, 1962, cap. 23.

1.1.3. Examínese la difundida opinión, sostenida por filósofos como Karl Jaspers, de que las conclusiones de la investigación científica son conclusiones propiamente dichas, esto es, últimas y ciertas. *Problema estudiable en vez de ése*: esbócese la historia de la opinión de que la ciencia genuina es infalible.

1.1.4. Dilucidar los conceptos de *opinión, creencia, convicción y conocimiento*. *Problema en vez del anterior*: ¿Existe alguna relación lógica entre *naturalismo* (que es una doctrina ontológica) y *contrastabilidad* (que es una propiedad metodológica de ciertos enunciados, la propiedad de poder ser sometidos a prueba)? En particular: ¿es el naturalismo condición necesaria, suficiente, necesaria y suficiente o ninguna de esas cosas para la contrastabilidad? Indicaciones: Distíngase entre contrastabilidad de principio (contrastación concebible) y contrastabilidad efectiva (la propiedad que tiene un enunciado de ser susceptible de contrastación con los medios existentes); búsqense contraejemplos para las primeras tres tesis, o sea: “ $C \rightarrow N$ ”, “ $N \rightarrow C$ ” y “ $N \leftrightarrow C$ ”.

1.1.5. La filosofía tradicional ha conservado la importante distinción establecida por Platón (*Menón*, 97; *República*, v, 477, 478; *Timeo*, 29, etc.) entre opinión o creencia (*dóxa*) y conocimiento cierto o ciencia (*epistémé*). Según Platón, la opinión es característica del vulgo, por lo que hace a todo tema, pero es, además, lo único que puede conseguirse respecto de las cosas fugaces (los objetos físicos), que no *son* en un sentido completo, puesto que nacen, cambian y perecen; sólo los objetos eternos (las ideas) pueden ser objeto de conocimiento perfecto. Discútase esta opinión, precisando su pertinencia si la tiene, para la ciencia formal y la ciencia factual.

1.1.6. Explicitar las semejanzas y las diferencias entre el conocimiento común y el conocimiento científico. *Problema en lugar de ése*: Dado que el pensamiento científico es innatural, o sea, se consigue con dificultad y sólo por una parte de la humanidad, imagínese lo que sería de la investigación científica después de que una guerra nuclear hubiera destruido todos los centros científicos.

1.1.7. Discútase la opinión según la cual la ciencia no es más que una continuación sistemática del conocimiento ordinario. Para información sobre dicho punto de vista véase, por ejemplo, R. Carnap, “Logical Foundations of the Unity of Science”, en *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1938, i, p. 45, y A. J. Ayer, *Language, Truth, and Logic*, 2a. ed., Londres, Gollancz, 1953, p. 49.

1.1.8. Filósofos de varias corrientes, desde ciertos escolásticos medievales, pasando por los realistas escoceses del sentido común, hasta el filósofo del lenguaje, G. E. Moore, han reivindicado para el sentido común el derecho a estimar las teorías científicas. Análogamente, algunos científicos han combatido la genética, la física relativista y las teorías cuánticas por chocar con el sentido común. Discútase este fenómeno. *Problema en lugar del anterior*: la libertad de opinión incluye el derecho de cada cual a criticar y hasta ridiculizar lo que sea. Pero la libertad de la investigación

—que está asociada a la de opinión— puede ser obstaculizada por una opinión pública que le sea hostil. ¿Puede resolverse este problema?

1.1.9. Ludwig Wittgenstein y los filósofos del Círculo de Viena han sostenido que el criterio de distinción entre ciencia y no-ciencia (especialmente la metafísica) es el *tener-sentido* de los enunciados que constituyen la ciencia. Según esto, un análisis del sentido bastaría para decidir si una disciplina es científica o no. Exáminese esa opinión y véase si no asciende a ciencia el arte de la encuadernación de libros o la contabilidad. Propónganse criterios propios de distinción entre ciencia y no-ciencia.

1.1.10. G. W. F. Hegel y otros filósofos han sostenido que toda ciencia, excepto la filosofía, tiene la ventaja de poder presuponer o bien su objeto o bien la marcha ulterior de la investigación. ¿Es verdad que estén dados por anticipado el objeto y el método especial de toda ciencia? Sugierencia: búsquense contraejemplos (excepciones).

1.2. EL MÉTODO CIENTÍFICO

Un método es un procedimiento para tratar un conjunto de problemas. Cada clase de problemas requiere un conjunto de métodos o técnicas especiales. Los problemas del conocimiento, a diferencia de los del lenguaje o los de la acción, requieren la invención o la aplicación de procedimientos especiales adecuados para los varios estadios del tratamiento de los problemas, desde el mero enunciado de éstos hasta el control de las soluciones propuestas. Ejemplos de tales *métodos especiales* (o *técnicas especiales*) de la ciencia son la triangulación (para la medición de grandes distancias) o el registro y análisis de radiaciones cerebrales (para la objetivación de estados del cerebro).

Cada método especial de la ciencia es, pues, relevante para algún estadio particular de la investigación científica de problemas de cierto tipo. En cambio, el *método general* de la ciencia es un procedimiento que se aplica al ciclo entero de la investigación en el marco de cada problema de conocimiento. Lo mejor para darse cuenta de cómo funciona el método científico consiste en emprender, con actitud inquisitiva, alguna investigación científica lo suficientemente amplia como para que los métodos o las técnicas especiales no oscurezcan la estructura general. (El convertirse en especialista de algún estadio del trabajo científico, como la medición, por ejemplo, no basta, ni mucho menos, para conseguir una visión clara del método científico; aún más, eso puede sugerir la idea de que hay una pluralidad de métodos inconexos más que una sola estructura metódica subyacente a todas las técnicas.) Otro buen camino, inmediatamente después del anterior, consiste en familiarizarse con algún sector o pieza de la investigación, no precisa y solamente con su resultado, más o menos caduco, sino con el proceso entero, a partir de las cuestiones que desencadenaron inicialmente la investigación.

Supongamos que nos planteamos la pregunta siguiente: “¿Por qué diversos grupos humanos utilizan lenguajes más o menos diferentes?” Una respuesta sencilla a esa pregunta —esto es, una explicación de la generalización empírica según la cual diversos grupos humanos tienden a hablar de modos diversos— se encuentra en mitos como, por ejemplo, el de la diversidad originaria de lenguas ya cristalizadas desde el principio. Un investigador científico de ese problema no prestaría gran fe a explicaciones sencillas de

ese tipo, y empezaría por examinar críticamente el problema mismo. De hecho, aquella pregunta presupone una generalización empírica que puede necesitar afinación: ¿Qué grupos son los que hablan de modos diversos? ¿Grupos étnicos, grupos sociales, grupos profesionales? Sólo una investigación preliminar de esta cuestión previa puede permitirnos una formulación más precisa de nuestro primer problema.

Una vez hallado ese enunciado más preciso del problema, se ofrecerá una serie de conjeturas: algunas referentes a la determinación geográfica de las diferencias lingüísticas, otras a los factores biológicos, otras a los factores sociales, etc. Esos varios supuestos serán entonces contrastados examinando sus consecuencias observables. Así, por ejemplo, si el tipo de trabajo es efectivamente un determinante principal de las diferencias lingüísticas (hipótesis), entonces los grupos profesionales compuestos por individuos que en todo lo demás son semejantes deben hablar dialectos distintivos (consecuencia sometible a contrastación con la experiencia).

Entonces hay que reunir cierto número de datos para poder averiguar cuál de las conjeturas es verdadera –si es que alguna de ellas lo es. Y, si es posible, los datos tendrán que ser científicamente certificables, esto es, obtenidos y controlados si es necesario por medios científicos. Por ejemplo: habrá que estudiar muestras casuales de grupos profesionales, con objeto de minimizar los efectos de una posible tendencia en la elección de los sujetos. Entonces se estimarán los méritos de las varias hipótesis propuestas, y en ese proceso de estimación surgirán acaso nuevas conjeturas.

Por último, si la investigación ha sido cuidadosa e imaginativa, la solución del problema inicial hará surgir un nuevo conjunto de otros problemas. De hecho, las piezas de investigación más importantes, al igual que los mejores libros, son las más capaces de desencadenar nuevo pensamiento, y no precisamente las tendentes a llevar el pensamiento al reposo.

En el anterior ejemplo podemos distinguir los estadios principales del camino de la investigación científica, esto es, los pasos principales de la aplicación del método científico. Distinguimos, efectivamente, la siguiente serie ordenada de operaciones:

1. *Enunciar preguntas bien formuladas y verosíblemente fecundas.*
2. *Arbitrar conjeturas, fundadas y contrastables con la experiencia, para contestar a las preguntas.*
3. *Derivar consecuencias lógicas de las conjeturas.*
4. *Arbitrar técnicas para someter las conjeturas a contrastación.*
5. *Someter a su vez a contrastación esas técnicas para comprobar su relevancia y la fe que merecen.*
6. *Llevar a cabo la contrastación e interpretar sus resultados.*
7. *Estimar la pretensión de verdad de las conjeturas y la fidelidad de las técnicas.*
8. *Determinar los dominios en los cuales valen las conjeturas y las técnicas, y formular los nuevos problemas originados por la investigación.*

Este ciclo se representa esquemáticamente en la figura 1.1.

¿Existen reglas que guíen la ejecución adecuada de las operaciones que hemos indicado? O sea: ¿hay instrucciones concretas para tratar los problemas científicos? Seguramente hay algunas, aunque nadie ha establecido nunca una lista que las agote y aunque todo el mundo deba resistirse a hacerlo, escarmentado por el fracaso de los filósofos que,

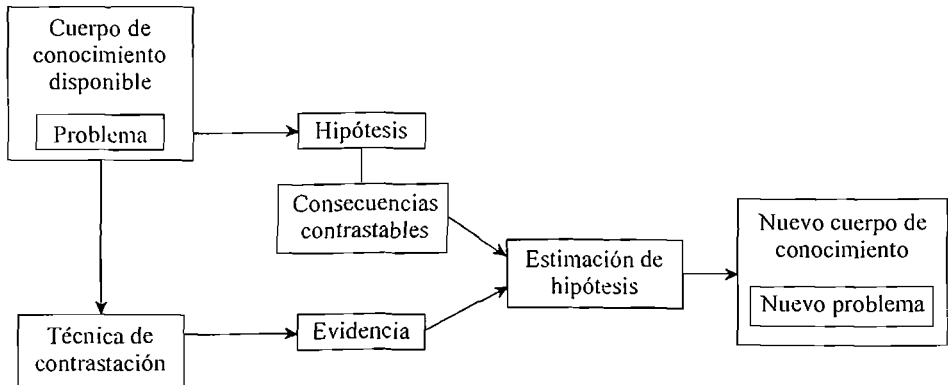


FIGURA 1.1. Un ciclo de investigación. La importancia de la investigación científica se mide por los cambios que acarrea en nuestro cuerpo de conocimientos y/o por los nuevos problemas que suscita.

desde Bacon y Descartes, han pretendido conocer las reglas infalibles de la dirección de la investigación. Pero, a título de mera ilustración, vamos a enunciar y ejemplificar algunas reglas muy obvias del método científico; otras reglas se encontrarán dispersas por el resto del volumen.

- R1 *Formular el problema con precisión y, al principio, específicamente.* Por ejemplo, no preguntar genéricamente “¿Qué es el aprendizaje?”, sino plantear una cuestión bien determinada, tal como: “¿Cómo aprenden los ratones albinos a solucionar problemas de laberintos? ¿Gradualmente o por pequeños saltos?”
- R2 *Proponer conjeturas bien precisas y fundadas de algún modo, y no suposiciones que no comprometan en concreto, ni tampoco ocurrencias sin fundamento visible:* hay que arriesgar hipótesis que afirmen la existencia de relaciones bien definidas y entre variables netamente determinadas, sin que esas hipótesis estén en conflicto con lo principal de nuestra herencia científica. Por ejemplo: no hay que contentarse con suponer que es posible el aprendizaje con sólo proponer al animal experimental un único ensayo o intento; mejor es suponer con precisión, por ejemplo, que el aprendizaje por un solo intento, tratándose de orientación en un laberinto en forma de T, tiene tal o cual determinada probabilidad.
- R3 *Someter las hipótesis a contrastación dura, no laxa.* Por ejemplo, al someter a contrastación la hipótesis sobre el aprendizaje con un solo intento, no se debe proponer al animal sujeto alguna tarea para la cual ya esté previamente preparado, ni tampoco se deben pasar por alto los resultados negativos: hay que proponer al sujeto experimental tareas completamente nuevas, y hay que aceptar toda la evidencia negativa.
- R4 *No declarar verdadera una hipótesis satisfactoriamente confirmada; considerarla, en el mejor de los casos, como parcialmente verdadera.* Por ejemplo, si se ha obtenido una generalización empírica relativa a las probabilidades de aprendizaje de una determinada tarea con un solo ensayo, con otro ensayo, y así sucesivamente, hay que seguir considerando la afirmación como corregible por la investigación posterior.
- R5 *Preguntarse por qué la respuesta es como es, y no de otra manera:* no limitarse a

hallar generalizaciones que se adecuen a los datos, sino intentar explicarlas a base de leyes más fuertes. Por ejemplo, plantearse el problema de hallar los mecanismos nerviosos que den razón del aprendizaje a la primera presentación de la tarea al sujeto: esto supondrá complementar la investigación conductista que se estaba realizando con una investigación biológica.

Esas y otras reglas del método científico están muy lejos de ser infalibles y de no necesitar ulterior perfeccionamiento: han ido cristalizando a lo largo de la investigación científica y son —esperémoslo— aún perfectibles. Además, no debemos esperar que las reglas del método científico puedan sustituir a la inteligencia por un mero paciente adiestramiento. La capacidad de formular preguntas sutiles y fecundas, la de construir teorías fuertes y profundas y la de arbitrar contrastaciones empíricas finas y originales no son actividades orientadas por reglas: si lo fueran, como han supuesto algunos filósofos, todo el mundo podría llevar a cabo con éxito investigaciones científicas, y las máquinas de calcular podrían convertirse en investigadores, en vez de limitarse a ser lo que son, instrumentos de la investigación. La metodología científica es capaz de dar indicaciones y suministra de hecho medios para evitar errores, pero no puede suplantar a la creación original, ni siquiera ahorrarnos todos los errores.

Las reglas del correcto comportamiento en la mesa son más o menos convencionales y locales; consecuentemente, sería difícil confirmarlas o refutarlas de un modo objetivo, aunque sin duda son explicables por causas sociales e históricas. Pero, ¿qué decir del comportamiento investigador, esto es, de las reglas de la investigación científica? Esas reglas son claramente universales: no hay efectivamente nada tan universal como la ciencia, ni siquiera la filosofía. Pero ¿son además justificables? Sin duda tienen una *justificación pragmática*: aunque no son infalibles, no conocemos otras reglas que sean más adecuadas para conseguir la meta de la ciencia: la construcción de los modelos conceptuales de las pautas de las cosas con la mayor verdad posible.

Pero ésa es sin duda una justificación bastante pobre. En primer lugar, porque la aplicación del método científico no da, en el mejor de los casos, sino aproximaciones a la verdad. En segundo lugar, porque una regla que está justificada así por su éxito, pero no está integrada en el cuerpo del conocimiento científico, queda como colgada en el aire, y no puede deshacer concluyentemente la pretensión de los procedimientos no-científicos —como la adivinación, por ejemplo— para el progreso del conocimiento. Dicho de otro modo: nos gustaría contar con una justificación teórica del método científico, además de con su justificación pragmática. Entenderemos por *justificación teórica* de una regla (o norma, prescripción o instrucción): (i) la convalidación de los presupuestos de la regla, o sea la confirmación de que lo que la regla toma como dado es coherente con las leyes conocidas; y (ii) la comprobación de que la regla dada es compatible con los demás miembros del conjunto de reglas, en este caso, con el método científico. Dicho brevemente: consideraremos que una regla está justificada teóricamente si y sólo si es a la vez *fundada y sistemática* (sistemática = miembro de un sistema consistente de reglas).

En el caso de las reglas del método científico deseamos que integren un sistema de normas basado en, o, al menos, compatible con, las leyes de la lógica y las leyes de la ciencia, no sólo con los desiderata de la investigación. Así, la regla que manda “formular

el problema con precisión” presupone claramente que no hay que buscar más que respuestas únicas (aunque puedan ser complejas, tener varios miembros): si fuera aceptable una pluralidad de supuestos recíprocamente incompatibles, no se habría estipulado la condición de precisión del problema. Por su parte, el desiderátum de la solución única está exigido por el principio lógico de no-contradicción. En este punto puede detenerse la tarea de justificación de esa regla, porque la investigación científica presupone los principios de la lógica, no los discute. (Cf. sec. 5.9.)

La justificación de otras reglas del método científico será más difícil y puede suponer complicados problemas filosóficos –como el de si el análisis científico de un todo lo disuelve sin aclararlo–, pero, de un modo u otro, hay que suministrar esa justificación, y el trabajo al respecto promete ser de interés. Desgraciadamente, no se ha intentado aún dar una justificación teórica de las reglas del método científico. La metodología científica sigue encontrándose en un estadio descriptivo, preteórico. Muy responsable de este descuido parece ser el tácito supuesto de que todo lo que da resultado es bueno, curiosa suposición en el caso del método científico, del que empieza por admitirse que no da resultados perfectos. En cualquier caso, éste es un problema interesantísimo para los filósofos que se preocupan por la ciencia viva.

Los científicos no se han preocupado mucho por la fundamentación ni por la sistematicidad de las reglas del procedimiento científico: ni siquiera se preocupan por enunciar explícitamente todas las reglas que usan. De hecho, las discusiones de metodología científica no parecen ser animadas más que en los comienzos de cada ciencia: por lo menos, tal fue el caso de la astronomía en tiempos de Ptolomeo, de la física en los de Galileo, y hoy de la psicología y la sociología. En la mayoría de los casos los científicos adoptan una actitud de ensayo y error respecto de las reglas de la investigación, y las que les resultan eficaces se incluyen sin más en la rutina cotidiana de la investigación, tan implícitamente que la mayoría de los científicos ni las registran conscientemente. Nadie, por lo visto, llega a ser consciente en cuestiones metodológicas hasta que el método dominante en el momento resulta fracasar.

El método científico y la finalidad a la cual se aplica (conocimiento objetivo del mundo) constituyen la entera diferencia que existe entre la ciencia y la no-ciencia. Además, tanto el método como el objetivo son de interés filosófico: por tanto, resulta injustificable el pasarlos por alto. Con esto no se trata de ignorar que una metodología tacita, pero sana, es mejor que una metodología explícita y mala. Hay que subrayar esto en unos tiempos como los nuestros, en los que las revistas de psicología y de sociología dedican muchísimo espacio a discusiones metodológicas que en el fondo se proponen hallar el mejor procedimiento para paralizar la investigación prohibiendo el uso de conceptos que no se apliquen directamente a rasgos observables. Frente a prescripciones metodológicas tan dogmáticas y estériles (y teóricamente injustificadas), lo mejor es tener presente la que acaso sea la única regla de oro del trabajo científico: *Audacia en el conjeturar, rigurosa prudencia en el someter a contrastación las conjeturas*.

Resumamos. El método científico es un rasgo característico de la ciencia, tanto de la pura como de la aplicada: donde no hay método científico no hay ciencia. Pero no es ni infalible ni autosuficiente. El método científico es falible: puede perfeccionarse mediante la estimación de los resultados a los que lleva y mediante el análisis directo. Tampoco

es autosuficiente: no puede operar en un vacío de conocimiento, sino que requiere algún conocimiento previo que pueda luego reajustarse y elaborarse; y tiene que complementarse mediante métodos especiales adaptados a las peculiaridades de cada tema. Ahora vamos a atender a esas técnicas.

Problemas

1.2.1. Comentar la siguiente caracterización del método (en general) dada por la famosa *Lógica* de Port Royal (1662), en *Grammaire générale* [de Port Royal], París, Delalain, 1830, p. 524: “En general podemos llamar método al arte de disponer la sucesión de los pensamientos ya para descubrir la verdad que ignoramos, ya para probarla a otros cuando la conocemos.” El arte del descubrimiento de la verdad se describía como análisis, o método de resolución; y el arte de mostrar la verdad a los demás se describía como síntesis, o método de composición. *Problema en lugar de ése*: ¿Por qué a comienzos de la era moderna se buscó tan insistentemente un nuevo método para el descubrimiento de la verdad? ¿Tuvieron éxito las nuevas propuestas (como la recolección de datos aconsejada por Bacon y la deducción, propuesta por Descartes, a partir de principios *a priori* claros y distintos)?

1.2.2. Examinar la caracterización general del método dada por H. Mehlberg, *The Reach of Science*, Toronto. University of Toronto Press, 1958, p. 67: “Un método es la enunciación de un conjunto de enunciados que describen una secuencia repetible de *operaciones*, tal que toda secuencia particular de operaciones así descrita puede permitir a todo individuo o grupo humano producir, infaliblemente o en una apreciable proporción de casos, un hecho repetible llamado el *objetivo* del método [...] Si el objetivo del método es siempre un hecho que ocurre en algún objeto individual, se dice que el método es *aplicado a ese objeto*. Así, para clavar un clavo en un trozo de madera, se puede golpear la cabeza del clavo con un martillo varias veces sucesivas. El método consiste, pues, en una secuencia repetible de golpes ejecutados con el martillo de un modo que se especifica: el objetivo del método es la introducción de un clavo en un trozo de madera; el objeto del método es cualquier sistema compuesto por un clavo y un trozo de madera.” ¿Puede decirse todo eso del método de la ciencia?

1.2.3. Comentar la caracterización —por J. Dewey— del método científico como “un método para alterar las creencias de los hombres por medio de la investigación contrastada y por medio de la consecución de creencias”. Cf. “A Common Faith”, en D. Bronstein, Y. H. Krikorian y P. Wiener (eds.), *Basic Problems of Philosophy*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall, Inc., 1955, p. 447.

1.2.4. ¿Es propiamente un método el procedimiento que suele llamarse de “ensayo y error”? Distingase claramente entre la clase de procedimientos por ensayo y error, planteamientos de sí o no respecto de la presencia de un hecho, y el examen metódico de posibilidades (por ejemplo, de hipótesis).

1.2.5. Determinar cuál de las actividades siguientes y disciplinas utilizan el método de la ciencia (si lo emplea alguna): la espeleología (exploración y descripción de simas), la observación y descripción de astros, la observación y descripción de aves, la organización de colecciones de plantas y animales, su distribución en jaulas, el diagnóstico de la personalidad mediante técnicas que carezcan de justificación pragmática y/o teórica, la programación y la operación de las calculadoras.

1.2.6. Analizar y ejemplificar los varios estadios del procedimiento de un médico de medicina general ante un paciente.

1.2.7. ¿Está teóricamente justificado el sacrificio como método para producir lluvia o para aprobar los exámenes?

1.2.8. Examinar el método empleado por A. M. Ampère para establecer su ley de acción mutua de las corrientes eléctricas. Cf. su memoria del 10 de junio de 1822 en *Mémoires sur l'électromagnétisme et l'électrodynamique*, París, Gauthier-Villars, s. a., especialmente pp. 76-77. *Problema en lugar de ése*: estudiar la posibilidad de hallar una metodología general (praxiología) que se aplicara a todo tipo de trabajo, ya fuera intelectual, ya físico. Cf. Kotarbinski, "De la notion de méthode", en *Revue de métaphysique et de morale*, 62, 187, 1957.

1.2.9. Hasta hace muy poco, todo el mundo consideraba como indiscutible que la regla principal del método científico era la siguiente: "Las variables relevantes deben modificarse una a la vez." Se suponía que sólo de este modo era posible un control efectivo de los diversos factores que intervienen en un problema. Pero en la cuarta década de este siglo quedó claro finalmente que nunca tenemos un conocimiento completo de todas las variables relevantes, y que, aunque lo tuviéramos, no podríamos alterar una en un momento dado, congelando al mismo tiempo, por así decirlo, todas las demás, pues hay entre algunas de ellas relaciones constantes (leyes). Se planearon, consiguientemente, experimentos que suponían cambios simultáneos de los valores de cierto número de variables (posiblemente, en interacción), y a esto se llamó esquema factorial. Cf. R. A. Fisher, *The Design of Experiments*, 6a. ed., Londres, Oliver and Boyd, 1951. Inferir alguna consecuencia acerca de la mutabilidad del método científico.

1.2.10. Examinar si los siguientes procedimientos se utilizan en la ciencia y, caso afirmativo, en qué medida: 1. Los varios métodos de deducción. 2. La inducción. 3. El método hipotético-deductivo, o sea, el procedimiento que consiste en establecer hipótesis y explicitar sus consecuencias lógicas. 4. La duda metódica de Descartes (que debe distinguirse de la duda sistemática de los escépticos). 5. El método fenomenológico de Husserl. 6. El método dialéctico de Hegel. 7. La comprensión empática o vivencial (*Verstehen*) de Dilthey.

1.3. LA TÁCTICA CIENTÍFICA

El método científico es la estrategia de la investigación científica: afecta a todo ciclo completo de investigación y es independiente del tema en estudio (cf. 1.2). Pero, por otro lado, la ejecución concreta de cada una de esas operaciones estratégicas dependerá del tema en estudio y del estado de nuestro conocimiento respecto de dicho tema. Así, por ejemplo, la determinación de la solubilidad de una determinada sustancia en el agua exige una técnica esencialmente diversa de la que se necesita para descubrir el grado de afinidad entre dos especies biológicas. Y la resolución efectiva del primer problema dependerá del estado en que se encuentre la teoría de las soluciones, igual que la resolución del segundo dependerá del estado en que se encuentren la teoría de la evolución, la ecología, la serología y otras disciplinas biológicas.

Cada rama de la ciencia se caracteriza por un conjunto abierto (y en expansión) de problemas que se plantea con un conjunto de tácticas o técnicas. Estas técnicas cambian mucho más rápidamente que el método general de la ciencia. Además, no pueden siempre trasladarse a otros campos: así, por ejemplo, los instrumentos que utiliza el historiador para contrastar la autenticidad de un documento no tienen utilidad alguna para el físico. Pero ambos, el historiador y el físico, están persiguiendo la verdad y buscándola de acuerdo con una sola estrategia: el método científico.

Dicho de otro modo: no hay diferencia de estrategia entre las ciencias; las ciencias

especiales difieren sólo por las tácticas que usan para la resolución de sus problemas particulares; pero todas comparten el método científico. Esto, más que ser una comprobación empírica, se sigue de la siguiente *Definición*: Una ciencia es una disciplina que utiliza el método científico con la finalidad de hallar estructuras generales (leyes).

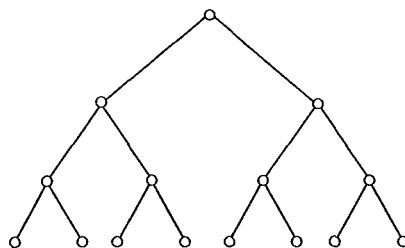
Las disciplinas que no pueden utilizar el método científico —por ejemplo, por limitarse a la consecución de datos— no son ciencias, aunque puedan suministrar a la ciencia material en bruto; tal es el caso de la geografía. Ni tampoco son ciencias las doctrinas y prácticas que, como el psicoanálisis, se niegan a utilizar el método científico (cf. 1.6).

Las técnicas científicas pueden clasificarse en *conceptuales* y *empíricas*. Entre las primeras podemos mencionar las tácticas que permiten enunciar de un modo preciso problemas y conjeturas de cierto tipo, así como los procedimientos (algoritmos) para deducir consecuencias a partir de las hipótesis y para comprobar si la hipótesis propuesta resuelve los problemas correspondientes. (La matemática, como es obvio, suministra el conjunto más rico de tácticas potentes para enunciar problemas e hipótesis de un modo preciso, para deducir consecuencias a partir de los supuestos y para someter las soluciones a prueba o contrastación. Pero no da ayuda alguna en la tarea de hallar problemas o de imaginar el núcleo de hipótesis nuevas para las ciencias factuales. Aparte de eso, en las ciencias más atrasadas nuestras ideas no son aún lo suficientemente claras para ser susceptibles de traducción matemática. Por lo demás, no hay limitación de principio a la aplicación de los conceptos, las teorías y las técnicas de la matemática en la ciencia factual (cf. sec. 8.2). Por lo que hace a las técnicas empíricas, podemos recordar las que sirven para arbitrar experimentos, para llevar a cabo mediciones, y la construcción de instrumentos para registrar y elaborar los datos. El dominio de la mayor parte de esas técnicas es una cuestión de adiestramiento: el talento hace falta para aplicar técnicas conocidas a problemas de tipo nuevo, para criticar las técnicas conocidas y, particularmente, para inventar otras mejores.

Algunas técnicas, aunque no son tan universales como el método general de la ciencia, son aplicables a cierto número de campos diversos. Consideremos ahora tres de esas técnicas casi-universales: el cuestionario ramificado, la iteración y el muestreo. Todas ellas tienen antecedentes en la vida ordinaria y son, por ello, fácilmente comprensibles.

El *cuestionario ramificado* consiste en contemplar el conjunto de posibilidades (lógicas o físicas, según el caso) y dividir las paso a paso en subconjuntos recíprocamente disyuntos hasta que el subconjunto (o el elemento) deseado se alcanza en algún paso. Supongamos que el problema consiste en averiguar cuál de ocho objetos tiene una propiedad determinada —por ejemplo, cuál de las ocho primeras cifras es aquella en la que está pensando nuestro compañero de juego, o cuál es más probable de entre ocho hipótesis: si procedemos de un modo errático, o sea, por ensayo y error, necesitaremos un máximo de siete operaciones (preguntas). Si utilizamos un cuestionario ramificado podemos, en cambio, proceder del modo siguiente. Dividimos el campo de posibilidades (ocho objetos) en dos partes iguales, y preguntamos si el objeto buscado se encuentra en el primer subconjunto. Como se trata de un problema de decisión (un problema de sí o no), la contestación a esta sola pregunta bastará para reducir a la mitad nuestra incertidumbre inicial. Repetimos entonces la operación hasta eliminar totalmente la incertidumbre inicial. Tres preguntas bastarán para resolver nuestro problema, como se muestra en la fig. 1.2.

FIGURA. 1.2. Aplicación de un cuestionario ramificado, a la manera del Árbol de Porfirio, para un conjunto inicial de 8 objetos: subdivisión ordenada en alternativas reciprocamente excluyentes.



El cuestionario ramificado es pues la *metodización del procedimiento por ensayo y error*, que lo diferencia ya bastante del ciego procedimiento del sí-o-no aplicado sin sistema. *En general, para un conjunto de N objetos, un cuestionario al azar requiere un máximo de $N - 1$ preguntas y necesita un promedio de $N/2$ preguntas. El cuestionario ramificado, en cambio, requiere un máximo de $H = \log_2 N$ elementos de información. En nuestro caso, $\log_2 8 = \log_2 2^3 = 3$.*

Procedimientos iterativos. Éstos son ensayos realizados paso a paso con los que se obtiene un progresivo perfeccionamiento de una solución aproximada: cada solución se basa en (es una función de) la solución precedente y es mejor (más precisa) que ella. Muchas veces el punto de partida tiene que ser meramente conjeturado, con objeto de poder empezar. Cuando no hay método disponible para hallar una tal primera y grosera solución (de aproximación cero), harán falta experiencia, perseverancia y penetración —sin que sobre un poco de buena suerte. Un ejemplo corriente de procedimiento iterativo es el tiro al blanco. La información acerca de la desviación cometida se retrotransmite al tirador, y ella le permite corregir la puntería en pasos sucesivos, hasta alcanzar el blanco. En este proceso, los errores, en vez de acumularse, se utilizan para mejorar el rendimiento. Así pues, los procedimientos iterativos *se perfeccionan a sí mismos*: pueden aplicarse hasta cualquier grado de precisión que se desee, esto es, hasta que sea despreciable la diferencia entre dos soluciones sucesivas.

*La matemática cuenta con procedimientos iterativos *exactos*, esto es, con técnicas que garantizan un aumento *uniforme* de la precisión; ejemplos famosos son el Método de Newton para el cálculo de las raíces cuadradas y el método de Picard para obtener soluciones aproximadas de ecuaciones diferenciales. En todos esos casos se construye una secuencia de aproximaciones basándose en una relación fija entre dos o más miembros de la secuencia, y ésta tiene un límite definido. O sea: los procedimientos iterativos matemáticos son convergentes. Ejemplo: hallar una solución de la ecuación $f(x) = 0$. Datos: f es continua y sus valores en los puntos a y b son de signo contrario. (Cf. fig. 1.3.) Técnica: el *método dicotómico*. Primera conjetura: la función dada tiene valor cero a mitad de camino entre a y b , o sea: $x_1 = (a + b)/2$. Contrastación: calcular $f(x_1)$. Hay dos posibilidades: o bien $f(x_1)$ es cero, en cuyo caso el problema está resuelto, o bien es diferente de cero. En este último caso vuelve a haber dos posibilidades: o bien $f(x_1)$ tiene el mismo signo que $f(a)$, o bien tiene el mismo signo que $f(b)$. Supongamos que la verdad es el primer caso; entonces el cero de la función se encontrará entre x_1 y b . Tómese la conjetura más simple: $x_2 = (x_1 + b)/2$. Si $f(x_2) = 0$, el problema está resuelto. Si no, $f(x_2)$ tendrá

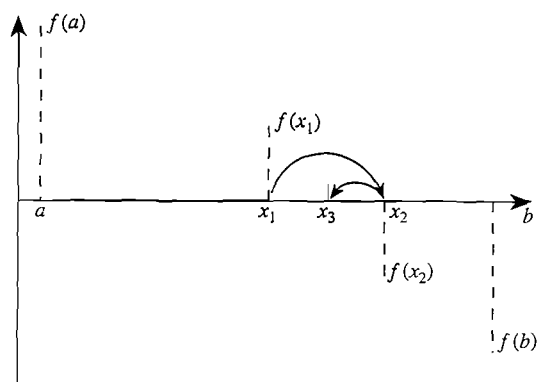


FIGURA. 1.3. Construcción de proposiciones progresivamente verdaderas mediante el método dicotómico. La solución exacta es el límite de la secuencia de soluciones aproximadas.

el signo de $f(b)$ o el signo de $f(x_1)$. Supongamos que ocurre lo primero. Entonces se prueba con $x_3 = (x_1 + x_2)/2$, se calcula $f(x_3)$ y se procede como antes. De este modo se construye una secuencia cada término de la cual es la media de los dos anteriores. O bien uno de los miembros de la secuencia resuelve el problema, o bien la secuencia se aproxima a la solución exacta, esto es, la solución es el límite de la secuencia. En el primer caso se obtiene una solución exacta; en el segundo se obtienen soluciones aproximadas con cualquier grado deseado de aproximación. Obsérvese que los procedimientos iterativos suponen el concepto de *verdad parcial*. Volveremos a tropezar con este concepto en las secs. 10.4 y 15.2.*

Un tercer ejemplo de método especial pero casi-universal de la ciencia es el *muestreo al azar*; esto es, la extracción de un pequeño subconjunto a partir de un conjunto inicial, o población (que puede ser infinita), de tal modo que la selección extraída no dependa de las propiedades de los individuos que la componen, sino que no los tenga en cuenta y sea, por lo tanto, libre de prejuicios o tendencias. Muestreo al azar es, por ejemplo, lo que suponemos hacer cuando tomamos una muestra cualquiera de alguna mercancía, o cuando controlamos la calidad de un producto manufacturado sin examinar todas las unidades producidas. El muestreo se utiliza también cuando se somete una hipótesis a contrastación empírica: sometemos la hipótesis a prueba respecto de un reducido número de datos relevantes para ella y elegidos sin tendencia ni criterio alguno a partir de una infinitud potencial de datos.

El cuestionar ramificado, los procedimientos iterativos y el muestreo al azar son otras tantas especializaciones del *método de aproximaciones sucesivas*, el cual es característico de la ciencia, aunque no exclusivo de ella. En la lógica pura no puede admitirse ese método, porque en ella se buscan soluciones exactas (o demostraciones exactas de la ausencia de tales soluciones). Pero en la ciencia factual y en considerables regiones de la matemática numérica todo lo que podemos conseguir son precisamente *soluciones aproximadas*, por lo que el método de aproximaciones sucesivas es indispensable.

El gran interés del método de aproximaciones sucesivas para la teoría del conocimiento (epistemología) estriba en que constituye un claro recordatorio de los siguientes puntos.

En primer lugar, la investigación científica procede *gradualmente*, y precisamente de tal modo que incluso las comprensiones acertadas que de vez en cuando se consiguen por pura suerte son resultado de anterior investigación y quedan siempre sujetas a corrección. En segundo lugar, la investigación científica, por lo menos respecto del mundo de los hechos, da *verdades parciales*, más que *verdades completas* y, por lo tanto, *finales*. En tercer lugar, el método científico, a diferencia de los azarosos tanteos del sentido común y de la especulación sin control, *se corrige a sí mismo*: puede identificar sus errores y puede intentar obtener aproximaciones de orden superior, es decir, respuestas más verdaderas.

Otras tácticas de la ciencia son menos universales: hay que discutir las refiriéndose a específicos problemas y teorías científicas. Así, por ejemplo, la técnica de rayos X para la identificación de compuestos químicos exige la aplicación de la óptica ondulatoria a la difracción de las ondas por retículos cristalinos: sólo una teoría así nos permite interpretar los anillos observados en los roentgendiagramas, anillos que en otro caso serían signos sin sentido, puesto que no tienen parecido alguno con las configuraciones atómicas respecto de las cuales nos informan.

En general, los métodos especiales de la ciencia están *fundados* de un modo u otro en teorías científicas, las cuales se someten a su vez a contrastación con la ayuda de dichas técnicas. Tal es el caso hasta para una técnica tan elemental como la de la pesada con una balanza de platillos: esa técnica presupone la estática y, en particular, la ley de la palanca. Las técnicas y los instrumentos científicos no están nunca consagrados sólo por el éxito: están proyectados y justificados con la ayuda de teorías. La posibilidad de justificar teóricamente cualquier método especial utilizado en la ciencia hace a ésta netamente diversa de las pseudociencias, las cuales emplean procedimientos no fundados, como la adivinación mediante la inspección de un hígado de cordero, o de manchas de tinta, o la audición de la narración de sueños.

El diseño y la justificación de las técnicas especiales de la ciencia corresponden a las ciencias especiales. Aunque toda técnica científica suscita problemas filosóficos referentes a la inferencia, la mayoría de esos problemas tienen que discutirse en el contexto de las respectivas disciplinas. Desgraciadamente, estas cuestiones suelen ser despreciadas o tratadas sin competencia filosófica, a causa de lo cual está aún sujeta a muchos malentendidos la naturaleza de las técnicas científicas y de los resultados que obtienen. Por ejemplo, si la cuestión de la convalidación teórica de las técnicas empíricas de la ciencia se encontrara en un estado más maduro, todo el mundo se daría cuenta de que la información empírica no se estima nunca en un vacío teórico, sino que toda pieza de evidencia empírica tiene que juzgarse a la luz de la teoría utilizada al diseñar y llevar a la práctica la técnica con la cual se ha obtenido esa información. Del mismo modo que ninguna teoría factual se sostiene por sí misma, así tampoco hay dato que constituya por sí mismo evidencia en favor o en contra de una teoría, a menos de que haya sido conseguido e interpretado con la ayuda de alguna teoría científica. En particular, ninguna información obtenida por medios extracientíficos (por ejemplo, las declaraciones de un médium espiritista) puede considerarse evidencia contra teorías científicas o en favor de teorías no-científicas. No hay contrastación de la ciencia que sea independiente de la ciencia. Y esto no implica que los resultados de la ciencia estén sustraídos a la crítica, sino sólo que la única

crítica legítima de la ciencia es la crítica interna. Consecuencia para los críticos filosóficos de la ciencia: Primero estudiar, discutir luego.

Exploremos ahora algunas consecuencias de la tesis según la cual la ciencia es metodológicamente una a pesar de la pluralidad de sus objetos y de las técnicas correspondientes.

Problemas

1.3.1. Indicar las diferencias entre las técnicas especiales y la metodología general de una determinada disciplina científica.

1.3.2. Comentar e ilustrar los catorce principios de investigación propuestos por E. Bright Wilson, *An Introduction to Scientific Research*, Nueva York, McGraw-Hill, 1952, pp. 140ss.

1.3.3. ¿Necesita la biología métodos propios especiales además de los de la física y la química? En caso afirmativo, ¿por qué?

1.3.4. Examinar los pasos de una secuencia de operaciones típicamente farmacológica, tal como está descrita por C. D. Leake, "The Scientific Status of Pharmacology", *Science*, 134, 2069, 1961.

1.3.5. La geología ha utilizado siempre conceptos físicos ("deformación", "presión", "transporte", "acarreo", "calor", "fusión", "solidificación", etc.). Pero el uso de teorías (mecánica, hidrodinámica, termodinámica, etc.) no llegó hasta bastante más tarde, y la aplicación de métodos físicos no se ha intentado hasta nuestro siglo. La geología experimental particularmente (o sea, la simulación de procesos geológicos en el laboratorio) es un recién nacido. Utilizar este ejemplo, y otros si es posible, para ilustrar y ampliar la tesis de que una disciplina no llega a un status científico sino gradualmente, y suele hacerlo mediante la adopción de algunas ideas y métodos especiales de otra ciencia ya madura y emparentada con ella.

1.3.6. ¿En qué consiste el método comparativo, qué ciencias lo usan y por qué? *Problema en lugar de ése*: Examinar los métodos iterativos y discutir su relevancia para la teoría del conocimiento. Cf., por ejemplo, E. Whittaker y G. Robinson, *The Calculus of Observation*, 4a ed., Londres y Glasgow. Blackie & Son, 1944, secs. 42-45.

1.3.7. Bacon creyó que había inventado procedimientos rutinarios para la investigación científica: *Novum Organum*, 1620, reimpresso en *The Philosophical Works of Francis Bacon*, ed. por J. M. Robertson, Londres, Routledge, 1905, Aphorism LXI, p. 270: "el procedimiento que propongo para el descubrimiento del saber es tal que deja muy poco a la agudeza y el ingenio, y pone todo ingenio y todo entendimiento más o menos al mismo nivel". ¿En qué pensaba Bacon: en el método científico o en un conjunto de técnicas para la recolección de los datos y su comparación?

1.3.8. Examinar la tesis de que la psicología no puede utilizar los métodos objetivos de la ciencia porque el sujeto (el investigador) y el objeto (el objeto de la investigación) son uno y el mismo (o porque el objeto de la investigación es parte del sujeto conocedor).

1.3.9. El estudio por sentido común de la personalidad de un individuo lleva al que la estudia a intentar meterse en el pellejo del otro, que es lo mejor para entender su comportamiento. Este procedimiento ha sido llamado *método de comprensión simpatética* (empatía, *Verstehen*), y fue defendido por W. Dilthey y R. G. Collingwood como el método adecuado para la psicología y la historia. Examinar esa pretensión. Cf. M. Bunge, *Finding Philosophy in Social Science*, New Haven, CT, Yale University Press, 1996 [*Buscar la filosofía en las ciencias sociales*, México, Siglo XXI, 1999].

1.3.10. En el curso de la historia de la filosofía se han presentado los siguientes principios relativos al uso de la ciencia por el filósofo: (i) La filosofía no puede dar aplicación alguna a los

métodos ni a los resultados de la ciencia; (ii) la filosofía puede utilizar algunos resultados de la ciencia, pero ninguno de sus métodos; (iii) la filosofía puede usar el método general de la ciencia, más que sus resultados; (iv) la filosofía puede usar tanto el método cuanto los resultados de la ciencia. Exponer la propia opinión y argüir en favor de ella.

1.4. LAS RAMAS DE LA CIENCIA

Diferenciando entre el método general de la ciencia y los métodos especiales de las ciencias particulares hemos aprendido lo siguiente: primero, que el método científico es un modo de tratar problemas intelectuales, no cosas, ni instrumentos, ni hombres; consecuentemente, puede utilizarse en todos los campos del conocimiento. Segundo, que la naturaleza del objeto en estudio dicta los posibles métodos especiales del tema o campo de investigación correspondiente: el objeto (sistema de problemas) y la técnica van de la mano. La diversidad de las ciencias está de manifiesto en cuanto que atendemos a sus objetos y sus técnicas; y se disipa en cuanto que se llega al método general que subyace a aquellas técnicas.

La diferencia primera y más notable entre las varias ciencias es la que se presenta entre *ciencias formales* y *ciencias fácticas*, o sea, entre las que estudian ideas y las que estudian hechos. La lógica y la matemática son ciencias formales: no se refieren a nada que se encuentre en la realidad, y, por tanto, no pueden utilizar nuestros contactos con la realidad para convalidar sus fórmulas. La física y la psicología se encuentran en cambio entre las ciencias fácticas: se refieren a hechos que se supone ocurren en el mundo, y, consiguientemente, tienen que apelar a la experiencia para contrastar sus fórmulas.

Así, la fórmula “ x es azul”, o, para abreviar, “ $A(x)$ ”, es verdadera de ciertas cosas, o sea se convierte en una determinada proposición verdadera si se da como valor a la variable x el nombre de algo que efectivamente sea azul, como el Mar Egeo; y es falsa de muchas otras cosas, o sea, se convierte en una proposición falsa para la mayoría de otros valores asignables a la variable de objeto x . Por otro lado, “ x es azul y x no es azul”, o “ $A(x) \& \neg A(x)$ ”, para abreviar, es falsa para todo valor de x , es decir, en toda circunstancia. Por tanto, su negación, “No ocurre que x es azul y x no es azul”, es verdadera, y su verdad es independiente de los hechos; en particular, no depende de la experiencia (la región fáctica de la que participa el hombre). Dicho brevemente: “ $A(x)$ ” es el esqueleto o forma de una idea fáctica (si mantenemos la interpretación del predicado “ A ” como predicado que designa la propiedad de ser azul). Por otro lado, “ $\neg[A(x) \& \neg A(x)]$ ” (léase: “No ocurre que x es A y x no es A ”) es la estructura de una idea formal, una verdad lógica en este caso: su valor veritativo no depende de los valores particulares que pueda tomar x ; aún más: es independiente de la interpretación que podamos dar al signo ‘ A ’.

La lógica se interesa, entre otras cosas, por la estructura de las ideas factuales y formales; pero mientras que en el primer caso la lógica es insuficiente para hallar valores veritativos, en el último caso la lógica y/o la matemática se bastan para convalidar o invalidar cualquier idea de este tipo puro. En resolución: la ciencia formal es *autosuficiente* por lo que hace al contenido y al método de prueba, mientras que la ciencia fáctica de-

pende del hecho por lo que hace al contenido o significación, y del hecho experiencial para la convalidación. Esto explica por qué puede conseguirse verdad formal completa, mientras que la verdad fáctica resulta tan huidiza.

Puede decirse que el tema propio de la ciencia formal es la forma de las ideas. Otra caracterización equivalente de la ciencia formal consiste en decir que se refiere a las *fórmulas analíticas*, esto es, a fórmulas que pueden convalidarse por medio del mero análisis racional. Considérese, por ejemplo, el enunciado según el cual, si A y B son conjuntos, entonces, si A está incluido propiamente en B , B no está incluido en A . La verdad de este enunciado no depende del tipo de conjunto considerado, ni se establece mediante el estudio de conjuntos de objetos reales: la fórmula pertenece a la teoría de conjuntos abstractos (no descritos): es puramente formal y, consiguientemente, universal, esto es, aplicable siempre que se trate de conjuntos, tipos, especies, ya sean de números o de plantas. Hay diversos géneros de fórmulas analíticas. Para nuestro actual interés las más importantes son las que resultan verdaderas (o falsas) en virtud de su forma lógica, y las que son verdaderas (o falsas) a causa de las significaciones de los símbolos presentes en ellas. El primer conjunto —el de la analiticidad sintáctica— puede ejemplificarse por: “Si x, y, z son números, entonces, si $x = y$, $x + z = y + z$ ”. El segundo —analiticidad semántica— puede ejemplificarse por la frase “Fórmulas sintéticas son todas y sólo las fórmulas que no son analíticas”. La ciencia formal no contiene más que fórmulas analíticas, mientras que la ciencia factual contiene, además de esas, *fórmulas sintéticas*, o sea, fórmulas que no pueden ser convalidadas sólo por la nuda razón.

La clara dicotomía entre ciencia formal y ciencia fáctica no debe ocultarnos el hecho de que el conocimiento conceptual de cualquier género (a diferencia de los hábitos, las habilidades y otros tipos de conocimiento no-conceptual) consiste en ideas: la lógica es un conjunto de ideas igual que lo es la física teórica. Todas las ideas, por concreta que sea su referencia, tienen alguna forma determinada. Así, la forma de “ x es azul” es la misma que la de “ x es primo”, o sea, un esquema sujeto-predicado: “ $P(x)$ ”. Análogamente, “ x es más amable que y ” y “ x es mayor que y ” contienen un predicado binario o diádico: ambas son esquemas de la forma “ $L(x, y)$ ”, o, más precisamente, “ $x > y$ ”. Además, toda fórmula dada, cualquiera que sea su contenido, puede transformarse en una fórmula lógicamente equivalente: así, el simple enunciado p puede convertirse, sin ganar ni perder nada, en $\neg\neg p$ (doble negación), en $p \& t$ y en $p \vee \neg t$, si ‘ t ’ es una tautología cualquiera (una identidad lógica). La forma lógica de una proposición es independiente de su contenido. Así, por ejemplo, una variable proposicional p puede interpretarse en una infinidad de maneras. Y una identidad lógica, o tautología, tal como $\neg(p \in \neg p)$, carece de contenido, ya que vale en todas las circunstancias. Por consiguiente, la lógica nada puede decir acerca del mundo: carece de compromiso ontológico. En cambio, nada razonable puede decirse acerca del mundo a menos que se respete la lógica. Esto es así no sólo porque la lógica regula el razonamiento, sino también porque el contenido depende de la forma. En efecto, lejos de ser arbitraria, la interpretación de una fórmula está constreñida por su estructura. Por ejemplo, ‘ $x < y$ ’ puede interpretarse como ‘ x está debajo de y ’, pero no como ‘ x está abajo’, ni como ‘ x yace entre y y z ’. En resumen, la lógica marcha por su cuenta, pero provee andamios prefabricados para construir cualquier idea acerca de cualquier cosa. Lo mismo vale para la matemática.

Como toda fórmula tiene una u otra forma lógica —y a veces no es nada más que una forma lógica— podemos esperar que en todo el cuerpo de la ciencia aparecerán fibras de ciencia formal, aunque no resulten al principio muy visibles. La rigidez que en un momento dado pueda tener el cuerpo del conocimiento se debe a las estructuras lógicas y matemáticas incorporadas a él, más que a los hechos que estudie o a la evidencia por cuyo medio se estimen sus pretensiones de verdad. Pues, en definitiva, el conocimiento científico de los hechos es siempre parcial, indirecto, incierto y corregible, mientras que las formas están hechas por nosotros mismos, y podemos congelarlas. Dicho brevemente: toda la dura resistencia que se encuentre en la ciencia arraiga en su estructura formal: los datos y las hipótesis son maleables, es decir, corregibles.

De esto no se sigue que los *hechos* objetivos sean blandos y deformables, alterables a voluntad: para bien o para mal, la mayoría de los hechos no son cambiables a gusto. Lo que se sigue es que la ciencia factual presupone y contiene ciertas teorías formales que no somete a discusión ni puede someter a duda, porque los hechos son irrelevantes respecto de las ideas puras. (Pero tampoco se sigue de esta situación que las teorías formales sean incorregibles: se perfeccionan constantemente en sus propios contextos formales —pero no como resultado de algún esfuerzo por intentar que concuerden mejor con los hechos—; por tanto, no con los mismos métodos especiales de la ciencia factual.) En resolución: lógicamente —aunque no psicológicamente— la ciencia fáctica *presupone* la ciencia formal. (Trataremos esto más despacio en las secciones 5.9 y 15.6.)

Dentro de la ciencia formal pueden intentarse varias ordenaciones; pero como nuestro tema es la ciencia factual, no nos interesaremos por esta cuestión. Respecto de la ciencia factual adoptaremos la ordenación expuesta en el siguiente diagrama. El diagrama pare-

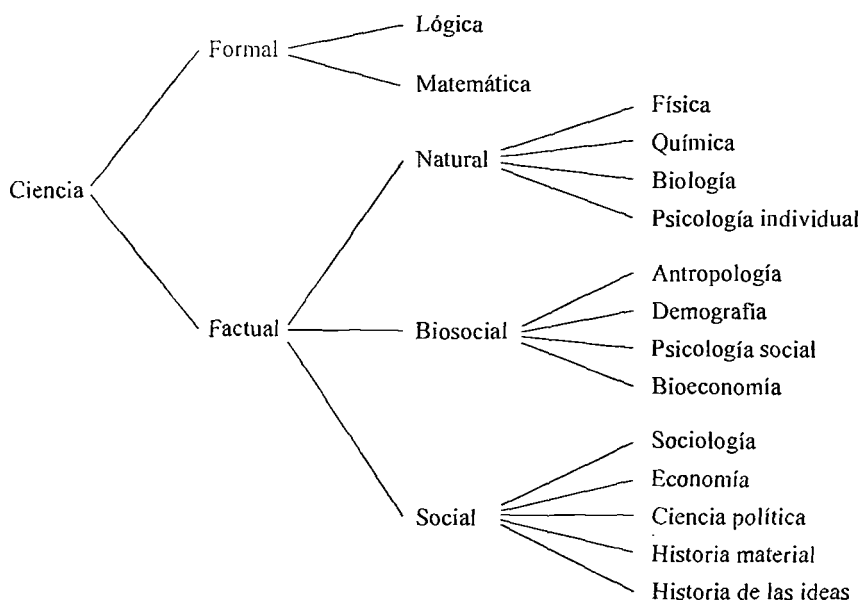


FIGURA. 1.4. Una clasificación de las ciencias. Se invita al lector a reordenarlas y a rellenar las numerosas lagunas, así como a proponer interciencias (o ciencias híbridas).

ce metodológicamente consistente, en el sentido de que sugiere las disciplinas presupuestas por cualquier ciencia. Pero son posibles otras ordenaciones, y los trazados de límites entre disciplinas contiguas son siempre algo nebulosos y de escasa utilidad. Además, sería insensato insistir mucho en el problema de la clasificación de las ciencias, que en otro tiempo fue pasatiempo favorito de los filósofos y hoy no pasa de ser pejiuguera para la administración de la actividad científica y para los bibliotecarios. Nos espera otro tema más interesante: el objetivo de la investigación.

Problemas

1.4.1. Dar dos ejemplos de ideas factuales y de ideas formales. Mostrar, además, que son efectivamente factuales las unas y formales las otras.

1.4.2. Numerosas afirmaciones de la ciencia factual pueden demostrarse rigurosamente por deducción a partir de premisas (por ejemplo, a partir de los axiomas de una teoría física). ¿Se sigue de ello que esas afirmaciones no tienen contenido factual?

1.4.3. Si una fórmula es *a priori*, es decir, independiente de la experiencia, entonces es analítica, esto es, su convalidación es cosa puramente lógica. ¿Vale la afirmación recíproca, es decir, es toda fórmula analítica una fórmula *a priori*? ¿O es posible tener fórmulas analíticas *a posteriori*, o sea, fórmulas que pueden derivarse por medios puramente lógicos en base a previos supuestos, pero que no pueden convalidarse, en cuanto a su valor veritativo, aparte de la experiencia? Cf. M. Bunge, *The Myth of Simplicity*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, Inc., 1963, cap. 2.

1.4.4. Numerosas teorías matemáticas se han construido en gran parte como respuestas a necesidades de la vida cotidiana o de la ciencia factual, pura o aplicada. ¿Prueba esto que la matemática se ocupa de hechos? ¿Y prueba que la matemática se contraste mediante la aplicación?

1.4.5. Arquímedes y otros matemáticos han utilizado artificios mecánicos para probar teoremas matemáticos. ¿Muestra eso que la matemática puede trabajarse como una ciencia factual, o que las indicadas pruebas no eran pruebas matemáticas en absoluto, sino más bien procedimientos heurísticos?

1.4.6. Si la lógica y la matemática no se ocupan de la realidad, ¿a qué se debe el que sean aplicables a ella? Indicación: examinar si la ciencia formal se aplica a la realidad o más bien a nuestras ideas sobre la realidad.

1.4.7. Algunas fórmulas, como “Si *p*, entonces si *q*, entonces *p*” (o sea: $p \rightarrow (q \rightarrow p)$), y “Para todo *x*, o bien *x* es *P* o bien *x* no es *P*” (o sea: $(x) [P(x) \vee \neg P(x)]$) son *universalmente* verdaderas: la primera vale para todos los valores asignables a las variables proposicionales *p* y *q*, y la segunda para todos los valores de la variable individual *x* y de la variable predicativa *P*. Se ha inferido de esto que la lógica vale para los rasgos más generales de todos los objetos y que, por tanto, sería una especie de ontología general, “*une physique de l’objet quelconque*” (F. Gonseth). Indicación para la discusión: empezar por establecer si la lógica se refiere realmente a objetos cualesquiera o más bien a ideas cualesquiera.

1.4.8. La etiqueta *ciencia empírica* se usa más frecuentemente que la expresión *ciencia factual* en nuestra tradición lingüística. ¿Por qué? ¿Se trata de nombres incompatibles, o apuntan a aspectos diferentes de la ciencia: a su objeto (el mundo de los hechos) y al modo como convalida su pretensión de verdad (experiencia)?

1.4.9. Analizar las relaciones que median entre dos ramas contiguas de la ciencia; por ejemplo, entre la climatología y la geofísica, entre la geología y la física, entre la zoología y la

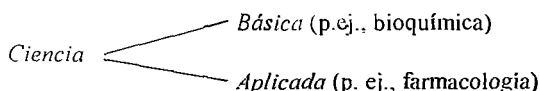
paleontología, entre la antropología y la arqueología, entre la historia y la sociología, entre la economía y la sociología.

1.4.10. Perfeccionar la clasificación de las ciencias ofrecida en el texto. Asegurarse de que se está usando un criterio de clasificación claro. Indicación: no intentar incluir todas las ciencias, porque seguramente mientras uno está trabajando en este problema está naciendo en algún sitio una ciencia nueva.

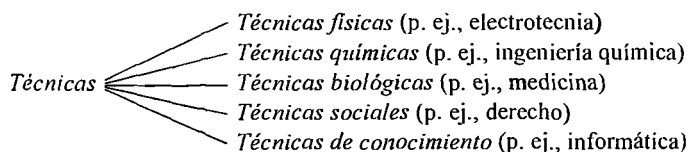
1.5. OBJETIVO Y ALCANCE DE LA CIENCIA

Los métodos son medios arbitrados para alcanzar ciertos fines. ¿Para qué fines se emplean el método científico y las varias técnicas de la ciencia? En primer lugar, para incrementar nuestro conocimiento (objetivo intrínseco, o cognitivo); en sentido derivativo, para aumentar nuestro bienestar y nuestro poder (objetivos extrínsecos o utilitarios). Si se persigue un fin puramente cognitivo, se obtiene *ciencia pura*; si la finalidad a largo plazo es utilitaria, resulta *ciencia aplicada*; y si la meta es utilitaria a corto plazo, se hace *técnica* (o *tecnología*, por emplear un anglicismo). Pero las tres emplean el mismo método, y los hallazgos de cualquiera de ellas pueden utilizarse en las otras dos. Sin embargo, hay una importante diferencia *moral* entre estos campos: en tanto que la ciencia básica es inofensiva, la ciencia aplicada y la técnica pueden ser dañinas.

En lo que respecta a las metas se da, pues, la participación siguiente:



Las principales ramas de la técnica contemporánea son:



Muchos niegan la participación del conocimiento fundado en básico, aplicado y técnico, al punto de amalgamarlos en lo que llaman *tecnociencia* (disciplina desconocida tanto por los científicos como por los técnicos). Esta opinión ignora las diferencias de metas: conocimiento en un caso y utilidad en los demás. Dicha opinión tampoco tiene en cuenta las diferencias de puntos de vista y de motivación entre el explorador que busca pautas y el investigador o artesano que persigue algo de posible utilidad práctica. Otras veces se concede esta diferencia pero se alega que la ciencia aplicada y la técnica generan la ciencia básica y no al revés. Pero es obvio que debe existir el conocimiento antes de poder aplicarlo.

Lo que sí es verdad es que la acción —la industria, el gobierno, la educación, etc.—

plantea problemas frecuentemente, problemas que sólo la ciencia pura puede resolver. Y si esos problemas se elaboran con el espíritu libre y desinteresado de la ciencia pura, las soluciones a dichos problemas pueden resultar aplicables a fines prácticos. Dicho brevemente: la práctica, junto con la mera curiosidad intelectual, es una fuente de problemas científicos. Pero dar a luz no es criar. Hay que cubrir un ciclo entero antes de que salga algo científico de la práctica: Práctica → Problema Científico → Investigación Científica → Acción Racional. Tal fue el esquema más frecuente hasta la mitad del siglo XIX, más o menos, cuando la física dio nacimiento a la ingeniería eléctrica: a partir de entonces la tecnología propiamente dicha –y ya no sólo la habilidad profesional precientífica– quedó firmemente establecida. Y ya luego la curiosidad intelectual ha sido la fuente de la mayoría de los problemas científicos, empezando, desde luego, por todos los importantes; la tecnología ha seguido frecuentemente la estela de la investigación pura, disminuyendo constantemente el desfase entre las dos. Si se exageran los objetivos externos de la ciencia, se debilitan la curiosidad y la libertad de la investigación, esto es la libertad de dudar de las ideas recibidas y la libertad de intentar establecer otras nuevas, aunque no parezcan socialmente útiles. El resultado inmediato es la debilitación de la ciencia pura, lo cual lleva por último al estancamiento tecnológico. La política más práctica consiste en no poner fines prácticos a la ciencia.

El blanco primario de la investigación científica es pues el *progreso del conocimiento*. Tal es el caso incluso de la investigación aplicada, como la investigación del efecto de las medicinas en condiciones patológicas; lo que pasa es que en estos casos no se busca conocimiento sin más calificación, sino conocimiento útil. Ahora bien: existe la investigación por la causa pura del conocimiento, pero no existe entidad alguna que podamos considerar como el conocimiento en sí mismo: el conocimiento lo es siempre *de* algo, por ejemplo, del envejecimiento de las estrellas, o de los hombres. El objetivo central de la investigación en la ciencia factual pura es, por definición, mejorar nuestro conocimiento del mundo de los hechos; y el de la investigación científica aplicada es mejorar el control del hombre sobre los hechos.

¿Significa eso que la investigación científica aspira a trazar *mapas de los hechos*, a trazar, por así decirlo, una gigantesca cosmografía que contuviera la descripción de todo acaecer de la naturaleza y de la cultura? Evidentemente no. Primero, porque una descripción completa ya de nuestro dedo meñique sería prácticamente imposible, a causa del número de sus constituyentes y de la variedad de hechos que ocurren en él en un segundo; por lo demás, si esa descripción fuera posible no tendría, tampoco, ningún interés. En segundo lugar, porque *ninguna* descripción de un sistema real puede ser razonablemente completa mientras no utilice las leyes de ese sistema, puesto que las leyes constituyen la esencia de todo lo que existe: una mera descripción de apariencias yerraría los rasgos esenciales del sistema. Pero una vez conocidas las leyes, resulta que la descripción detallada tiene ya poco interés. En tercer lugar, porque no nos interesan sólo los existentes actuales, sino también los posibles –las semillas del futuro–, y sólo las leyes, también en este caso, pueden darnos un conocimiento de posibilidades. En cuarto lugar, porque *ninguna* descripción puede servirnos ni para explicar lo que ocurre ni para predecir lo que puede ocurrir: la explicación y la predicción científicas se basan en leyes que, a su vez, entrelazan teorías. La comprensión del mundo, en resolución, se consigue con la ayuda

de teorías, no de catálogos. Consecuentemente, la reproducción exhaustiva de cada porción de la realidad —o de cada elemento de la experiencia humana— carece de interés, no sólo por ser un racimo de uvas verdes, sino, además, porque no se trata en absoluto de un racimo de uvas.

Lo que busca la ciencia fáctica es establecer mapas de las *estructuras* (leyes) de los varios dominios fácticos. La reconstrucción conceptual de una estructura objetiva es una ley científica (como la ley de inercia); un sistema de tales enunciados legaliformes es una teoría científica (como la teoría newtoniana del movimiento). Más que una cosmografía, pues, la ciencia factual es una cosmología: una reconstrucción conceptual de las estructuras objetivas de los acontecimientos, tanto de los actuales cuanto de los posibles, con lo que se posibilita la comprensión y la precisión de los mismos y, con ello, su control tecnológico.

Cuando las técnicas científicas se aplican a la consecución de datos sin hallar estructuras generales se consigue ciencia embrionaria, *protociencia*. Y cuando el objetivo perseguido es el de la ciencia madura, pero en cambio no se utilizan su método ni sus técnicas, se trata de *especulación* acientífica, ya en la forma de filosofía de la naturaleza, ya en la de la metafísica tradicional (la cual es la ontología no inspirada ni controlada por la ciencia). La especulación acientífica vive del atraso de la ciencia propiamente dicha; así, la psicología filosófica y la antropología filosófica se mantienen vivas porque las correspondientes disciplinas científicas se encuentran aún en un estadio protocientífico; aquella vitalidad no puede sorprender; pues es claro que ambas especulaciones resultan más fáciles y más interesantes que la colección de datos de información aislados, aún sin objetivo teórico. En resolución: no existe ciencia propiamente dicha a menos que el método científico se utilice para alcanzar el objetivo de la ciencia, la construcción de imágenes teoréticas de la realidad, y esencialmente de su tejido de leyes. La investigación científica es, dicho brevemente, la búsqueda de estructuras.

(Algunos filósofos evitan los términos ‘mundo’ y ‘realidad’ basándose en que denotan conceptos metafísicos: esos filósofos sostienen que todo lo cognoscible es nuestra propia experiencia, y, consecuentemente, que el único objetivo legítimo de la ciencia consiste en dar razón de la suma total de la experiencia humana. Esta opinión —el empirismo radical— no da a su vez razón de la mera existencia de la mayoría de las ciencias, a saber, y señaladamente, de las que tratan con objetos empíricamente inaccesibles, como los átomos de nuestro cerebro. La ciencia intenta explicar hechos de cualquier clase, incluidos los relativamente pocos hechos experienciales con que efectivamente se encuentra el hombre. En realidad, la experiencia no es el único ni siquiera el principal objeto de la investigación, y, por tanto, tampoco es el único *relatum* de las teorías científicas; la experiencia, si es científica, es un medio de *contrastación* imprescindible de las teorías, pero no suministra todo el contenido o significación de todas ellas. Además, para explicar la experiencia humana —el objeto de las ciencias del hombre— necesitamos algún conocimiento del mundo natural del que formamos parte, y este mundo, generalmente no visto ni tocado, se reproduce gradualmente mediante teorías contrastables que van más allá de lo que puede ser objeto de experiencia.)

La ciencia, pues, tiende a construir *reproducciones conceptuales de las estructuras de los hechos*, o sea, teorías fácticas. Pero también la mitología ofrece modelos del mun-

do, para entenderlo y para dominarlo mejor. ¿Por qué vamos a preferir las teorías científicas a las especulaciones míticas? La primera tentación invita a contestar: porque las teorías científicas son reconstrucciones verdaderas de la realidad. Pero un vistazo a las infinitas convulsiones de la ciencia, en las cuales la mayoría de las teorías aparecen inficionadas por algún que otro error y sólo unas pocas aparecen como verdaderas, aunque nunca definitivamente, debe convencernos de que la investigación científica no consigue la verdad completa. ¿Qué derecho tenemos, entonces, a creer que la ciencia sale mejor librada que la mitología, especialmente si también la ciencia inventa conceptos como “campo”, “neutrino” y “selección natural”, a los que no puede asociarse unívocamente ninguna experiencia sensible?

¿Debemos llegar a la conclusión de que la mitología y la ciencia suministran imágenes de la realidad diferentes, pero igualmente legítimas? Es evidente que no: la ciencia no pretende ser verdadera, ni, por tanto, final e incorregible, cierta, como, en cambio, hace la mitología. Lo que afirma la ciencia es (i) que es *más verdadera* que cualquier modelo no-científico del mundo, (ii) que es capaz de probar, someténdola a contrastación empírica, esa pretensión de verdad, (iii) que es capaz de *descubrir sus propias deficiencias*, y (iv) que es capaz de *corregir sus propias deficiencias*, o sea, de construir representaciones parciales de las estructuras del mundo que sean cada vez más adecuadas. No hay ninguna especulación extracientífica que sea tan modesta y que, sin embargo, dé tanto de sí.

Lo que permite a la ciencia alcanzar su objetivo —la construcción de reconstrucciones parciales y cada vez más verdaderas de la realidad— es su método. En cambio, las especulaciones no-científicas acerca de la realidad (i) no suelen plantear cuestiones propias y limpiamente formuladas, sino más bien problemas que ya contienen presupuestos falsos o insostenibles, tales como “¿Cómo y cuándo se creó el Universo?”; (ii) no proponen hipótesis ni procedimientos fundamentados y contrastables, sino que ofrecen tesis sin fundamento y generalmente incontrastables, así como medios incontrolables (inescrutables) para averiguar su verdad (p. ej., la Revelación); (iii) no trazan contrastaciones objetivas de sus tesis y de sus supuestas fuentes de conocimiento, sino que apelan a alguna autoridad; (iv) consiguientemente, no tienen ocasión alguna de contrastar sus conjeturas y procedimientos con resultados empíricos frescos, y se contentan con hallar ilustraciones de sus concepciones para meros fines de persuasión, más que por buscar realmente contrastación, como muestra la facilidad con que esas concepciones eliminan toda evidencia negativa; (v) no suscitan nuevos problemas, pues todo su interés es más bien terminar con la investigación, suministrando, listo para llevar, un conjunto de respuestas a toda cuestión posible o permitida.

La ciencia, en cambio, no consigue más que reconstrucciones de la realidad que son problemáticas y no demostrables. En realidad, y por eso mismo, no suministra nunca un modelo único de la realidad en cuanto todo, sino un *conjunto de modelos parciales*, tantos cuantas teorías tratan con diferentes aspectos de la realidad; y esa variedad no depende sólo de la riqueza de la realidad, sino también de la heterogeneidad y la profundidad de nuestro instrumental conceptual. La investigación no arranca de tales visiones sintéticas de pedazos de realidad, sino que, llega a ellas mediante el *análisis racional y empírico*.

El primer paso del análisis, sea científico o no, es la discriminación de los componentes a algún nivel determinado, por ejemplo, la distinción entre órganos o funciones en un

organismo. En un estadio ulterior, se descubren las relaciones entre esos componentes, y esto suministra ya una primera stampa del todo, o sea, la stampa conceptual sinóptica que había que buscar. Una vez conseguido tal modelo del sistema (conjunto de entidades interrelacionadas), puede usarse como instrumento para un análisis más profundo, cuyo resultado se espera que sea una síntesis más adecuada. Cuando se procede especulativamente, es decir, partiendo de grandes visiones sintéticas en vez de trabajar por este procedimiento fragmentario y analítico, se está haciendo algo típicamente acientífico.

Así pues, la investigación científica no termina en un final único, en una verdad completa: ni siquiera busca una fórmula única capaz de abarcar el mundo entero. El resultado de la investigación es un conjunto de enunciados (fórmulas) más o menos verdaderos y parcialmente interconectados, que se refieren a diferentes aspectos de la realidad. En este sentido es la ciencia pluralista. Pero en otro sentido es monista: la ciencia se enfrenta con todos los campos del conocimiento con un solo método y un solo objetivo. La unidad de la ciencia no estriba en una teoría única que lo abrace todo, ni siquiera en un lenguaje unificado apto para todos los fines, sino en la unidad de su planteamiento,

El proceso de reconstrucción del mundo mediante ideas y de contrastación de toda reconstrucción parcial es un proceso infinito, a pesar de la infundada, pero frecuente, esperanza de que la teoría definitiva esté a punto de presentarse. La investigación descubre constantemente lagunas en sus mapas del mundo. Por tanto, la ciencia no puede proponerse un objetivo definido como algo último, algo así como la construcción de una cosmología completa y sin fallas. El objetivo de la ciencia es más bien el *perfeccionamiento continuo* de sus principales productos (las teorías) y medios (las técnicas), así como la sujeción de territorios cada vez mayores a su poder.

¿Tiene límites esta expansión del objeto de la ciencia? Esto es: ¿hay problemas de conocimiento que no puedan ser tratados con el método y según el objetivo de la ciencia? Las inevitables limitaciones temporales determinadas por nuestra ignorancia no son, naturalmente, la cuestión planteada por esas preguntas; ni tampoco lo son las limitaciones extrínsecas, como las impuestas por el poder ideológico, político o económico. Lo que se pregunta es si hay objetos de conocimiento que sean intrínsecamente recalcitrantes ante el planteamiento científico. Un optimista pensaría que, puesto que la historia de la ciencia muestra el aumento del dominio fáctico cubierto por la ciencia, debemos creer que esa expansión no se detendrá nunca, a menos que nosotros mismos nos degollemos. Pero ninguna experiencia pasada, ninguna tendencia histórica es plenamente demostrativa, por sugestiva que sea: pueden presentarse problemas, a juzgar por lo que sabemos, que resulten impermeables al planteamiento científico.

La conclusión última no tiene por qué sumirnos en el pesimismo respecto del alcance del enfoque científico: hay un hueco para el realismo entre el pesimismo y el optimismo. Una estimación realista podría ser la siguiente. En primer lugar, podemos esperar que todo problema cognoscitivo resultará ser parcialmente resoluble o irresoluble con los medios (métodos especiales), los datos de que dispone la ciencia en cada momento determinado. En segundo lugar, no se ha hallado nunca un método más poderoso que el de la ciencia, y todo esfuerzo en tal sentido que se haya visto coronado por el éxito ha resultado ser un perfeccionamiento del método científico; en particular, los intentos de captar la realidad directamente, sin elaboración alguna (o sea, por percepción directa, por simpatía o por

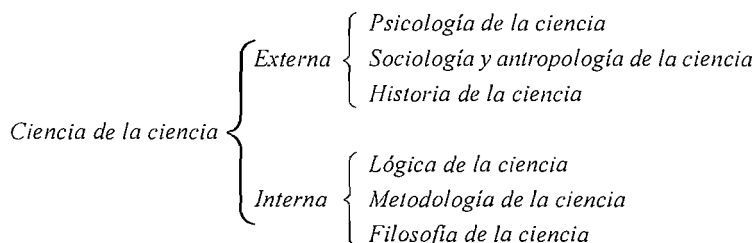
pura especulación), han fracasado sin excepción, y, por si eso fuera poco, la ciencia puede explicar por qué tenían que fracasar necesariamente. a saber, porque muchos, la mayoría de los hechos, están más allá de la experiencia y, consiguientemente, tienen que ser objeto de hipótesis, no de intuición directa. En tercer lugar, el método científico y las técnicas especiales que lo complementan *no son nada* conclusos: han ido evolucionando a partir de precedentes más rudimentarios y tendrán que perfeccionarse si queremos obtener resultados mejores. En cuarto lugar, como lo peculiar a la ciencia no es un objeto determinado (o conjunto de problemas determinado), sino más bien un planteamiento preciso (un método y un objetivo), cualquier cosa se convierte en tema científico, en objeto de la investigación científica, en cuanto que se trata con el método de la ciencia y para alcanzar el objetivo de ésta, aunque ese tratamiento no tenga éxito. En resolución: no podemos ni deseamos garantizar el éxito del enfoque científico de problemas de conocimiento de cualquier género: la ciencia no es una panacea; nuestra afirmación, más modesta, es que el enfoque científico resulta ser el mejor de que disponemos.

Pero hay al menos un objeto —podría uno estar dispuesto a reconocer— que no estudia la ciencia fáctica, a saber, la ciencia misma. Sin embargo, es claro que el estudio de la ciencia puede plantearse científicamente, y que así se hace de hecho de vez en cuando: tenemos, en efecto, unas cuantas inmaduras ciencias de la ciencia. Si se considera la ciencia como una peculiar actividad de individuos y equipos, entonces podemos apelar a la psicología de la ciencia; esta disciplina estudiará, entre otras cosas, el impulso cognitivo, los procesos psicológicos de la producción de hipótesis, la rigidez mental entre los científicos, etc. Si consideramos la ciencia en su contexto social, nos encontramos con la sociología de la ciencia, o sea, con el estudio de los factores sociales que facilitan la investigación y de los que la inhiben, estudio del papel de la ciencia en el planeamiento y el control de la acción humana, etc. Y si estudiamos la ciencia como un aspecto de la evolución cultural, surge la historia de la ciencia, o sea, el estudio de los orígenes y el desarrollo de una línea de investigación, de los cambios de perspectiva científica, etc. Todas éstas son consideraciones *externas* de la ciencia, en el sentido de que no analizan ni critican el método ni el resultado de la investigación, sino que los toman como dados. Además, la psicología, la sociología y la historia de la ciencia son ciencias factuales (empíricas) de la ciencia; manejan y elaboran una gran cantidad de datos empíricos.

El estudio *interno* de la ciencia ha sido desde sus comienzos un tema filosófico. Han sido filósofos —o, a veces, científicos de vacaciones— los que han estudiado el esquema general de la investigación científica, la lógica del discurso científico y las implicaciones filosóficas de su método y de sus resultados. Este estudio interno de la ciencia se interesa por el conocimiento científico independientemente de su origen psicológico, de sus bases culturales y de su evolución histórica, mientras que el estudio externo se ocupa sobre todo de las actividades humanas supuestas por (e incluidas en) la producción, el consumo, el desperdicio y la corrupción de la ciencia: las ciencias externas de la ciencia son otras tantas ramas de la ciencia de la cultura. El estudio interno de la ciencia, en cambio, se encuentra por encima de su objeto, en el sentido semántico de ser un discurso sobre un discurso. Y del mismo modo que un enunciado acerca de un enunciado se llama un metaenunciado, así también el estudio interno de la ciencia puede llamarse *metaciencia*, y es a su vez parte de la teoría del conocimiento (epistemología).

La metaciencia puede dividirse en tres partes: la *lógica* (sintaxis y semántica) de la ciencia, ocupada por problemas como el de la estructura de las teorías fácticas y la relevancia empírica, si la tienen, de los conceptos empíricos; la *metodología* de la ciencia, que trata del método general de la ciencia y de las técnicas que lo complementan, como, por ejemplo, la obtención de muestras al azar; y la *filosofía* de la ciencia, que estudia los supuestos y resultados –si los tiene– lógicos, epistemológicos, ontológicos y éticos de la investigación científica. Estos campos problemáticos tienen sus raíces en el pasado, pero no se han planteado científicamente hasta hace poco tiempo. Además, su progreso es hasta ahora muy desigual: mientras que la lógica formal de la ciencia, particularmente la sintaxis de las teorías, es una ciencia exacta, en cambio la metodología y la filosofía de la ciencia siguen limitadas esencialmente a la descripción y al análisis de la ciencia, y sólo de vez en cuando consiguen establecer teorías propias, como la de la probabilidad de las hipótesis; y, aun en estos casos, tales teorías suelen aplicarse a modelos supersimplificados de la ciencia, más que a la ciencia real. En resolución: la metaciencia sigue siendo esencialmente una *protociencia*, y no una ciencia plenamente desarrollada: adopta el planteamiento científico, pero, hasta el momento, ha producido pocos resultados científicos.

En todo caso, podemos afirmar que además de la ciencia *tout court*, contamos con la ciencia de la ciencia:



En conclusión: por limitado que pueda ser el resultado del enfoque científico, no conocemos que tenga limitaciones *intrínsecas* y, además, esas limitaciones no pueden estimarse correctamente sino desde dentro de la ciencia misma: puede colocarse bajo el dominio de la ciencia toda la naturaleza y toda la cultura, incluida la ciencia misma. Sin duda hay temas que hasta el momento no han sido abordados científicamente –por ejemplo, el amor–, ya sea porque nadie ha notado aún su existencia, ya sea porque no han atraído la curiosidad de los investigadores, y, por último, porque circunstancias externas, como el prejuicio –por ejemplo, la idea de que ciertas experiencias humanas no pueden ser objeto de planteamiento científico, sino que tienen que mantenerse siempre en la esfera privada– han impedido su consideración científica. Tales ideas y prejuicios tienen en su favor no sólo el peso de la tradición, sino también una errónea concepción de la ciencia, la mayor parte de las veces su incorrecta identificación con la física. Estos prejuicios son algunos de los últimos bastiones del obscurantismo; se están hundiendo, ciertamente, con rapidez: empezamos a tener estudios científicos de la experiencia estética y hasta de las sutiles manipulaciones de que es objeto la mente del hombre por obra de anacrónicas ideologías como es, precisamente, la que se opone al estudio científico del objeto hombre.

Los éxitos del enfoque científico, así como su independencia respecto del tema en estudio en cada caso, dan razón de la potencia expansiva de la ciencia, la cual ocupa ahora territorios antes cubiertos por disciplinas humanísticas –por ejemplo, la antropología y la psicología especulativas filosóficas– y está continuamente explorando territorios nuevos. Los mismos factores dan también razón de la creciente importancia de la ciencia en la cultura moderna. Desde el Renacimiento, el centro de la cultura ha ido pasando cada vez más visiblemente desde la religión, el arte y las humanidades clásicas hacia la ciencia, la formal y la fáctica, la pura y la aplicada. Y no se trata sólo de que los resultados intelectuales de la ciencia y sus aplicaciones para fines buenos y malos hayan sido reconocidos hasta por el pintor menos formado culturalmente: hay un cambio aún más importante y agradable, que consiste en la difusión de una *actitud* científica respecto de los problemas del conocimiento y respecto de problemas cuya adecuada solución requiera algún conocimiento, aunque en sí mismos no sean problemas teóricos. Esto no quiere decir que la ciencia está absorbiendo gradualmente toda la experiencia humana y que vayamos a terminar por amar y odiar científicamente, igual que podemos ya curar y matar científicamente. No: salvo la investigación científica misma, las experiencias humanas no son científicas, ni siquiera cuando se benefician del conocimiento científico; lo que puede y debe ser científico es el estudio de toda esa experiencia, que en sí no lo es.

Podemos esperar de una amplia difusión de la actitud científica –pero no de una divulgación de algunos meros resultados de la investigación– cambios importantes de concepción y comportamiento individual y colectivo. La adopción universal de una actitud científica puede hacernos más sabios: nos haría más cautos, sin duda, en la recepción de información, en la admisión de creencias y en la formulación de previsiones; nos haría más exigentes en la contrastación de nuestras opiniones, y más tolerantes con las de otros; nos haría más dispuestos a inquirir libremente acerca de nuevas posibilidades, y a eliminar mitos consagrados que sólo son mitos; robustecería nuestra confianza en la experiencia, guiada por la razón, y nuestra confianza en la razón contrastada por la experiencia; nos estimularía a planear y controlar mejor la acción, a seleccionar nuestros fines y a buscar normas de conducta coherentes con esos fines y con el conocimiento disponible, en vez de dominadas por el hábito y por la autoridad; daría más vida al amor de la verdad, a la disposición a reconocer el propio error, a buscar la perfección y a comprender la imperfección inevitable; nos daría una visión del mundo eternamente joven, basada en teorías contrastadas, en vez de estarlo en la tradición, que rehúye tenazmente todo contraste con los hechos; y nos animaría a sostener una visión realista de la vida humana, una visión equilibrada, ni optimista ni pesimista. Todos esos efectos pueden parecer remotos y hasta improbables, y, en todo caso, nunca podrán producirlos los científicos por sí mismos: una actitud científica supone un adiestramiento científico, que es deseable y posible sólo en una sociedad programada científicamente. Pero algo puede asegurarse: que el desarrollo de la importancia relativa de la ciencia en el cuerpo entero de la cultura ha dado ya de sí algunos frutos de esa naturaleza, aunque a escala limitada, y que el programa es digno de esfuerzo, especialmente teniendo en cuenta el éxito muy escaso de otros programas ya ensayados.

Para terminar: el planteamiento científico no tiene limitaciones intrínsecas conocidas; se encuentra en un proceso de rápida expansión y está consiguiendo en medida creciente

imágenes parciales del mundo externo y del mundo interno al hombre, las cuales son cada vez más verdaderas; y ello por no hablar de las herramientas que está suministrando para el dominio de dicho mundo. (Si alguien sostuviera que el planteamiento científico tiene limitaciones intrínsecas, le pediríamos que fundamentara su afirmación. ¿Cómo? Llevando a cabo él mismo una investigación científica acerca de ese problema.) En virtud de su poder espiritual y de sus frutos materiales, la ciencia ha llegado a ocupar el centro de la cultura moderna, lo que no quiere decir sin más el centro de la cultura de nuestros días. Sería, en efecto, insensato olvidar que, en paralelismo con la cultura superior, subsiste una cultura popular o étnica, y que la pseudociencia ocupa en la cultura urbana popular contemporánea una posición análoga a la que ocupa la ciencia en la cultura superior. Resultará instructivo y entretenido echar un vistazo a todo eso que a menudo se pasa de contrabando bajo la etiqueta de ciencia, aunque carece del método y del objetivo de la ciencia. Pasaremos ahora a ese tema, la ciencia popular.

Problemas

1.5.1. Establecer una distinción entre los objetivos de la ciencia y los de científicos individuales. que pueden ser el lograr fama, poder y riqueza. Explicar por qué individuos animados por fines puramente egoístas pueden prestar importantes aportaciones a la ciencia pura (desinteresada).

1.5.2. ¿Nos permite la objetividad de la investigación científica inferir que es algo impersonal? Si no, o sea, si la investigación complica a la persona entera, incluso cuando se realiza en equipo. ¿se sigue de ello que no pueda conseguir la verdad objetiva. que la objetividad de la ciencia es mítica, como han sostenido algunos autores? Cf. problema 1.1.2, R. K. Merton, *The Sociology of Science*. Chicago, University of Chicago Press, 1973, y M. Polanyi. *Personal Knowledge*. Chicago University of Chicago Press, 1959.

1.5.3. Los asuntos de administración y gerencia de empresas, la publicidad, el arte de la guerra, pueden llevarse a cabo empíricamente (del modo tradicional) o científicamente. es decir, con la ayuda de especialistas que disponen de conocimiento científico y adoptan una actitud científica. ¿Son en ese caso ciencias tales actividades? Caso afirmativo, ¿por qué? Caso de respuesta negativa, ¿qué es lo que les falta?

1.5.4. ¿Es el conocimiento científico un medio o un fin? Empezar por completar esta pregunta: medio y fin son miembros de una relación triádica que supone también un sujeto. *Problema en lugar del anterior*: los medios y los fines se presentan a pares. Si se cambia el objetivo, hay que cambiar los medios. Aplicar esto a la idea de investigar problemas teológicos con el método científico.

1.5.5. Desarrollar e ilustrar la tesis de que la ciencia se corrige a sí misma, o sea, de que se critica y mejora desde dentro. *Problema en lugar de éste*: un tal carácter de la ciencia, ¿hace que la crítica filosófica sea inadecuada o ineficaz?

1.5.6. Describir y ejemplificar análisis científicos de los dos géneros, *factuales* (químicos, por ejemplo) y *conceptuales* o *teóricos* (por ejemplo, el análisis o descomposición de fuerzas en componentes imaginarias a lo largo de ejes coordenados).

1.5.7. ¿En qué sentidos es analítica la ciencia: lógicamente, metodológicamente u ontológicamente? (*Analiticidad lógica*: la propiedad que tiene un enunciado de ser determinable como verdadero o falso sin más ayuda que el análisis de su estructura lógica o de las significaciones de sus términos. *Analiticidad metodológica*: la característica de un procedimiento que consiste en descomponer. material o mentalmente, el objeto al que se aplica, en vez de dejarlo entero: un tal

análisis puede buscar partes, propiedades o relaciones. *Analiticidad ontológica o metafísica*: la doctrina según la cual el mundo es un agregado de hechos atómicos, es decir, irreducibles e independientes unos de otros.)

1.5.8. Desarrollar la tesis de que una síntesis conceptual científica no es independiente del análisis, sino más bien un resultado de éste. *Problema en lugar de ése*: ¿Es la historia una ciencia o una protociencia?

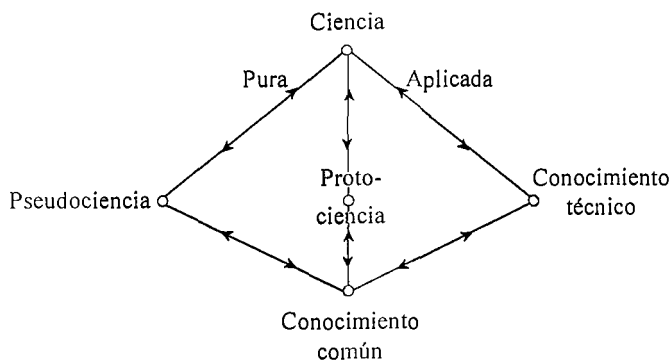
1.5.9. Examinar las siguientes tesis relativas a la unidad de la ciencia: (i) La unidad de la ciencia estriba en su objeto, la realidad. (ii) La unidad de la ciencia estriba en su objetivo, a saber, narrar la historia de lo que existe. (iii) La unidad de la ciencia consiste en tener —o aspirar a— un único lenguaje, ya sea un lenguaje de datos sensibles (sensismo o sensacionalismo), ya un lenguaje de la observación (empirismo), ya el lenguaje de la matemática (pitagoreísmo). (iv) La unidad de la ciencia consiste en la reducción última de toda ciencia factual a la física (fiscalismo). (v) La unidad de la ciencia estriba en su unicidad de planteamiento (método y objetivos). *Problema en lugar de ése*: Discutir las siguientes afirmaciones (en conflicto) sobre el objetivo de la ciencia factual: (i) El objetivo de la ciencia es la adaptación completa de nuestro pensamiento a nuestras experiencias (el físico E. Mach). (ii) El objetivo de la ciencia es la creación de una visión del mundo completamente independiente del investigador (el físico M. Planck). *Problema en lugar de ése*: Comentar la “Declaration of Interdependence in Science” [Declaración de la Interdependencia de las Ciencias]. *Science*. 11, 500 (1950), texto en el cual se formulan la unidad de método y de objetivo de todas las ciencias.

1.5.10. Explicar por qué se siguen enseñando, al mismo tiempo que las correspondientes ciencias (puras o aplicadas), la antropología filosófica, y la psicología filosófica.

1.6. PSEUDOCIENCIA

El conocimiento ordinario puede desarrollarse en alguna de las tres direcciones siguientes: (i) *Conocimiento técnico*: es el conocimiento especializado, pero no-científico, que caracteriza las artes y las habilidades profesionales. (ii) *Protociencia*, o ciencia embrionaria, que puede ejemplificarse por el trabajo cuidadoso, pero sin objeto teórico, de observación y experimentación. (iii) *Pseudociencia*: un cuerpo de creencias y prácticas cuyos cultivadores desean, ingenua o maliciosamente, dar como ciencia, aunque no comparte con ésta ni el planteamiento, ni las técnicas, ni el cuerpo de conocimientos. Pseudociencias aún influyentes son, por ejemplo, la de los zahoríes, la investigación espiritista y el psicoanálisis.

No carece la ciencia de relaciones con el conocimiento técnico, la protociencia y la pseudociencia. En primer lugar, la ciencia utiliza las habilidades artesanas, las cuales, a su vez, se enriquecen frecuentemente gracias al conocimiento científico. En segundo lugar, la ciencia utiliza algunos de los datos en bruto conseguidos por la protociencia, aunque muchos de ellos son inútiles por irrelevantes. En tercer lugar, a veces una ciencia ha nacido de una pseudociencia, y en ocasiones una teoría científica ha cristalizado en dogma hasta el punto de dejar de corregirse a sí misma y convertirse en una pseudociencia. Dicho breve y esquemáticamente, pueden considerarse las siguientes líneas de comunicación entre la ciencia y esas vecinas suyas:



¿Qué es lo malo de la pseudociencia? No sólo ni precisamente el que sea básicamente falsa, puesto que todas nuestras teorías factuales son, a lo sumo, parcialmente verdaderas. Lo malo de la pseudociencia es, en primer lugar, que se niega a *fundamentar* sus doctrinas y que no puede, además, hacerlo porque rompe totalmente con nuestra herencia científica —cosa que, por cierto, no ocurre en las revoluciones científicas, todas las cuales son parciales, puesto que toda nueva idea tiene que estimarse por medio de otras que no se ponen en discusión en el contexto dado. En segundo lugar, que la pseudociencia se niega a *someter a contraste* sus doctrinas mediante la experimentación propiamente dicha; además, la pseudociencia es en gran parte incontrastable, porque tiende a interpretar todos los datos de modo que sus tesis queden confirmadas ocurra lo que ocurra; el pseudocientífico, igual que el pescador, exagera sus presas y oculta o disculpa todos sus fracasos. En tercer lugar, que la pseudociencia carece de *mecanismo autocorrector*: no puede aprender nada ni de una nueva información empírica (pues se la traga sin digerirla), ni de nuevos descubrimientos científicos (pues los desprecia), ni de la crítica científica (pues la rechaza con indignación). La pseudociencia no puede progresar porque se las arregla para interpretar cada fracaso como una confirmación, y cada crítica como si fuera un ataque. Las diferencias de opinión entre sus sectarios, cuando tales diferencias se producen, dan lugar a la fragmentación de la secta, y no a su progreso. En cuarto lugar, el objetivo primario de la pseudociencia no es establecer, contrastar y corregir sistemas de hipótesis (teorías) que reproduzcan la realidad, sino influir en las cosas y en los seres humanos: como la magia y como la tecnología, la pseudociencia tiene un objetivo *primariamente práctico*, no cognitivo, pero, a diferencia de la magia, se presenta ella misma como ciencia y, a diferencia de la tecnología, no goza del fundamento que da a ésta la ciencia.

Nuestro primer ejemplo de pseudociencia puede ser el arte de los zahoríes o, más en general, la *rabdomancia*. La tesis de la rabdomancia es que ciertos individuos particularmente sensibles pueden percibir inconsciente y directamente las heterogeneidades subterráneas, como minas o yacimientos de agua o petróleo. La técnica de la rabdomancia consiste en usar una varilla de avellano, castaño, etc., o un péndulo como indicador de aquella sensibilidad. Esquemáticamente, la estructura sería: Accidente Geológico → Recepción Inconsciente → Movimientos Involuntarios del Cuerpo → Oscilaciones del Pén-

dulo → Percepción de las Oscilaciones. Algunos zahoríes modernos sostienen que el primer eslabón de la cadena puede ser también un tumor canceroso o una avería de un motor de automóvil.

¿Qué es lo malo de la rabadomancia? En primer lugar, ni la tesis ni la técnica de la rabadomancia están *fundamentadas* en el cuerpo del conocimiento científico, según el cual, más bien, es imposible una acción directa de los cuerpos físicos en los estados mentales: se necesitan un agente físico y su acción sobre un mecanismo biológico, por la simple razón de que las funciones mentales son propias de sistemas nerviosos altamente desarrollados. Por otro lado, las técnicas corrientes de prospección geológica (por ejemplo, la producción artificial de ondas sísmicas) se basan en leyes físicas bien conocidas: el mecanismo de su operación es conocido, razón por la cual se las considera dignas de confianza. En segundo lugar, la tesis de la rabadomancia es *incontrastable*, o casi, por cada una de las dos razones siguientes: a) esa tesis no supone ni un mecanismo determinado ni una determinada ley, de modo que es difícil averiguar qué es lo que puede discutirse, convalidarse o refutarse, y qué experimentos podrían falsar la tesis; b) si el zahorí hace una previsión correcta, por ejemplo, descubriendo una vena subterránea de agua, se considera confirmada su tesis; pero si fracasa al señalar la presencia de agua, defenderá su fe diciendo que hay agua, lo que pasa es que está más abajo del alcance de la perforadora, o bien admitiendo humildemente que ha sido víctima de un error subjetivo: ha considerado, por ejemplo, indicadores meros síntomas de cansancio o nerviosismo. No hay geólogo que pueda alcanzar nunca tal confirmación de sus tesis al cien por cien.

Obsérvese que la experiencia es irrelevante para la refutación de la rabadomancia. En primer lugar, porque esa fe es empíricamente incontrastable. En segundo lugar, porque un zahorí que tenga un conocimiento descriptivo del terreno puede ser superior a un geólogo que no cuente más que con instrumentos científicos y leyes científicas, pero no tenga aún suficiente conocimiento de la localidad. Por tanto, o bien no se puede discutir la rabadomancia, o bien hay que decidir a su respecto mediante una argumentación metacientífica, mostrando que sus tesis y su técnica no son ni fundadas ni contrastables, dos requisitos de las ideas y los procedimientos científicos.

Nuestro segundo ejemplo es la *parapsicología*, o investigación psíquica, que son nombres modernos del espiritismo, la actividad de los media, la cartomancia y otras arcaicas creencias y prácticas. Esta doctrina sostiene la existencia de ciertos fenómenos como la telepatía (transmisión del pensamiento), la videncia a distancia, la videncia del futuro y la telequinesis (la causación mental de fenómenos físicos). La psicología atribuye esos supuestos hechos a una percepción extrasensorial (ESP: *extrasensory perception*) y a otras capacidades supra-normales que no pretende explicar. La parapsicología es bastante ambigua no sólo porque trata de entidades no-físicas (como los fantasmas) y acontecimientos no-físicos (como la telepatía), sino también porque no ofrece afirmaciones detalladas —que serían contrastables de un modo preciso— acerca de mecanismos de acción o regularidades; pero eso precisamente la hace máximamente sospechosa para el metacientífico crítico. Aclaremos esa sospecha.

En primer lugar, los parapsicólogos no formulan ni tratan sus tesis como *hipótesis*, esto es, como supuestos corregibles relativos a acontecimientos no percibidos: al llamar a las supuestas anomalías, desde el primer momento, casos de percepción extrasensorial,

el parapsicólogo se compromete ya *a priori* a sostener un determinado supuesto que luego intentará a toda costa ilustrar en vez de estimar. En segundo lugar, las tesis de la investigación psíquica están *formuladas laxamente* y tienen *poco contenido*: son meras afirmaciones acerca de la existencia de ciertos acontecimientos raros, sin precisión acerca del posible mecanismo de la producción, la propagación y la recepción de los mensajes psíquicos. Desde luego, el parapsicólogo no puede aceptar mecanismo físico alguno, pues esto colocaría automáticamente todo el tema en el campo de investigación de la física y de la psicología: cuando se ofrecen explicaciones de los supuestos fenómenos a base de sugerencias sub-liminales (por debajo del umbral consciente) o de nuevas ondas especiales que hubiera que descubrir, se está desenfoando con la mejor intención la verdadera naturaleza de la parapsicología. La única “interpretación” de las supuestas anomalías que puede admitir un parapsicólogo es que se trata de hechos no-físicos y no-normales: en cuanto que intenta ser más preciso, arriesga la refutación inmediata.

En tercer lugar, las vagas tesis de la parapsicología son *no-naturalistas* y *no-fundadas*. Aún más: están en abierta colisión con el conocimiento científico. Este último, en efecto, sugiere hasta hoy las siguientes generalizaciones: (i) no hay acontecimiento que carezca de base física; (ii) el espíritu no es una sustancia “muy sutil” que pueda abandonar el cuerpo, propagarse en el espacio y obrar en la materia; “espíritu” es simplemente el nombre de un complejo sistema de funciones o estados del sistema nervioso; (iii) ningún efecto preexiste a su causa, y, en particular, ningún mensaje puede recibirse antes de que sea emitido, como exige la profecía. La inconsistencia de la ESP con la ciencia le sustrae todo apoyo empírico, porque la información empírica sola no constituye evidencia de ninguna clase: para que un dato se convierta en evidencia en favor o en contra de una hipótesis científica, tiene que ser interpretado a la luz de algún conjunto de teorías. Y puesto que la parapsicología carece completamente de teoría, tiene que aceptar la interpretación de los hechos propuesta por la ciencia normal: mas como la ESP impugna la competencia de esta última para tratar las supuestas anomalías que ella estudia, no puede aceptar dato alguno, ni siquiera los que ella misma recoge. En resolución, la ESP no puede presentar evidencia alguna en su favor.

En cuarto lugar, se ha probado numerosas veces que las observaciones y los experimentos realizados por los parapsicólogos son *metodológicamente inaceptables*: (i) de muchos de ellos se ha mostrado que eran lisa y llanamente fraudes; (ii) ninguno de ellos es repetible, por lo menos en presencia de personas que no compartan la fe del parapsicólogo, y hay bastante desacuerdo entre los parapsicólogos mismos por lo que hace al enunciado de los meros “hechos”; (iii) los parapsicólogos tienden a ignorar la evidencia en contra; lo hacen, por ejemplo, seleccionando series favorecidas y deteniendo el experimento en cuanto que reaparece la distribución casual; (iv) los parapsicólogos suelen aplicar mal la estadística; por ejemplo, cuando la aplican a muestras que no son casuales (sino subsecuencias seleccionadas de los ensayos) como si fueran estrictamente casuales, del mismo modo, prácticamente, que los vitalistas refutan el materialismo mostrando lo pequeña que es la probabilidad de que un organismo surja espontáneamente del encuentro “casual” de miríadas de átomos.

En quinto lugar, aunque las tesis de la parapsicología son, tomadas una a una, contrastables –aunque a duras penas–, los parapsicólogos tienden a combinarlas de tal modo

que el *conjunto sea insusceptible de contrastación*, y, por lo tanto, inmune a cualquier crítica sobre la base de la experiencia: en cuanto que una serie de pruebas resulta caer muy por debajo de lo meramente probable, enseguida sostienen que el sujeto está cansado, o que se resiste a creer, o hasta que ha perdido su capacidad paranormal, la cual, por cierto, no tiene relación alguna con otras capacidades, de tal modo que sólo se manifiesta cuando se dan resultados por encima de lo probable, y nunca por el análisis de la personalidad, por no hablar ya de la investigación neurofísica; si el sujeto no lee la carta o mensaje que debía leer según el parapsicólogo, sino la carta o mensaje siguiente de una secuencia, el parapsicólogo declara que ese sujeto presenta el fenómeno de desplazamiento anterior, que se interpreta a su vez como un claro caso de profecía; y si no consigue mover el dado o tocar la trompeta a distancia, el parapsicólogo dictamina una inhibición momentánea o, caso necesario, la pérdida final de la capacidad del sujeto. De este modo se consigue que el conglomerado de las tesis parapsicológicas sea inatacable y, al mismo tiempo, que las técnicas científicas de contrastación resulten irrelevantes.

En sexto lugar, la parapsicología es culpable de no haber conseguido, en 5 000 años de existencia, mostrar *una sola regularidad empírica*, por no hablar ya de leyes sistematizadas en una teoría. La parapsicología no ha conseguido enunciar ni hechos seguros ni leyes; ni siquiera puede decirse que sea una joven teoría aún no sometida a contrastación, pero prometedora: simplemente, no es una teoría, pues las pocas tesis de la doctrina son ambiguas y se usan para fines de defensa recíproca contra las críticas, no para derivar lógicamente consecuencias contrastables. Dicho de otro modo: la investigación psíquica no ha conseguido nunca alcanzar el objetivo de la ciencia, ni lo ha deseado jamás.

Nuestro último ejemplo de pseudociencia será el *psicoanálisis*, al que no hay que confundir con la psicología ni con la psiquiatría (la tecnología asociada a la psicología). El psicoanálisis pretende ser una teoría y una técnica terapéutica. Como teoría sería aceptable si se mostrara que es suficientemente verdadera; como técnica, si se mostrara que es suficientemente eficaz. Pero para poder sostener la pretensión de verdad o la pretensión de eficiencia, un cuerpo de ideas y prácticas tiene que someterse él mismo a los cánones de desarrollo de la ciencia pura y aplicada, por lo menos si desea ser tomado por una ciencia. Ahora bien, el psicoanálisis no consigue pasar las pruebas de científicidad.

En primer lugar, las tesis del psicoanálisis son *ajenas a la psicología, la antropología y la biología, a menudo incompatibles con ellas*. Por ejemplo: el psicoanálisis es ajeno a la teoría del aprendizaje, el capítulo más adelantado de la psicología. La hipótesis de una memoria racial inconsciente no tiene apoyo alguno en genética; la afirmación de que la agresividad es instintiva y universal se contradice con la etología y la antropología; la hipótesis de que todo hombre acarrea un complejo de Edipo está en contradicción con los datos de la antropología. Esto no sería grave si se tratara de puntos secundarios de la doctrina; pero son puntos importantes y, sobre todo, el psicoanálisis no puede apelar a la ciencia para eliminar esas partes de su doctrina, porque se presenta como una ciencia rival e independiente.

En segundo lugar, algunas hipótesis psicoanalíticas son *incontrastables*; por ejemplo, las de la sexualidad infantil, la existencia de entidades desencarnadas dentro de la personalidad (el id, el ego, el superego), y del sueño como significativo de la vuelta al seno materno.

En tercer lugar, las tesis psicoanalíticas que son contrastables han sido ilustradas, pero nunca realmente *contrastadas* por los psicoanalistas con la ayuda de las técnicas corrientes de contrastación; en particular, la estadística no desempeña papel alguno en el psicoanálisis. Y cuando han sido psicólogos científicos los que han sometido esas tesis a contrastación, el resultado ha sido un fracaso. Ejemplos: (i) la conjetura de que todo sueño es la satisfacción de un deseo ha sido contrastada preguntando a sujetos con necesidades urgentes y objetivamente conocidas, como la sed, el contenido de sus sueños; resultado: hay muy escasa correlación entre las necesidades y los sueños. (ii) Según la hipótesis de la catarsis, la contemplación de films que exponen comportamientos violentos debería tener como resultado una descarga de agresividad; la experimentación científica ha mostrado el resultado contrario (R. H. Walters y otros científicos, 1962). (iii) Estudios sistemáticos y tenaces (W. H. Sewell, 1952, y M. A. Strauss, 1957) han destruido la tesis psicoanalítica de que existe una correlación relevante entre las primeras costumbres de alimentación y excreción, por un lado, y rasgos de la personalidad por otro. (iv) Formando grupos para estimar la influencia de la terapéutica psicoanalítica en la neurosis, no se ha encontrado influencia favorable alguna, pues el porcentaje de curaciones estaba algo por debajo del porcentaje de curaciones espontáneas (resultados de H. H. W. Miles y otros experimentadores, 1951, de H. J. Eysenck, 1952, y de E. E. Levitt, 1957); en cambio, la técnica científica de recondicionamiento tiene éxito en la mayoría de los casos (J. Wolpe, 1958).

En cuarto lugar, aunque algunas conjeturas psicoanalíticas son, tomadas aisladamente, contrastables, y lo han sido, como acabamos de ver, en cambio, *no son contrastables tomadas como cuerpo total*. Por ejemplo: si el análisis del contenido de un sueño no muestra que ese sueño es la satisfacción imaginaria de un deseo, el psicoanalista sostendrá que eso sólo prueba que el sujeto ha reprimido enérgicamente su deseo, el cual está por tanto más allá del control del terapeuta; análogamente, ante una persona que no presente complejo de Edipo, el psicoanalista dirá que lo tiene muy reprimido, tal vez por el temor a la castración. Y de esta manera las diversas tesis, los diversos miembros de la banda, se protegen los unos a los otros, y la doctrina en su conjunto resulta inatacable por la experiencia.

En quinto lugar, el psicoanálisis, además de eliminar por absorción indiscriminada toda evidencia que normalmente (en la ciencia) sería considerada desfavorable, *se resiste a la crítica*. Y hasta la elimina mediante el argumento *ad hominem* según el cual el crítico está manifestando el fenómeno de resistencia, y confirmando así la hipótesis psicoanalítica sobre ese fenómeno. Ahora bien: si ni la argumentación ni la experiencia pueden resquebrajar una doctrina, entonces esa doctrina es un dogma, no una ciencia. Las teorías científicas, lejos de ser perfectas, son, o bien fracasos que se olvidan, o bien construcciones perfectibles, y por tanto corregidas en el curso del tiempo.

Eso puede completar nuestra esquemática exposición de las *mancias* que quieren ser tomadas como ciencias. Por varias razones son de desear análisis metacientíficos más detallados de la pseudociencia. En primer lugar, para ayudar a las ciencias jóvenes —especialmente a la psicología, la antropología y la sociología— a eliminar creencias pseudocientíficas. En segundo lugar, para ayudar a la gente a tomar una actitud crítica en lugar de la credulidad aún corriente. En tercer lugar, porque la pseudociencia es un buen terreno de prueba para la metaciencia y, en particular, para los criterios que caracterizan a la

ciencia distinguiéndola de la no-ciencia: las doctrinas metacientíficas deberían estimarse, entre otras cosas, por la cantidad de sin-sentido que autorizan.

Por lo demás, la pseudociencia ofrece muy poca cosa a la ciencia contemporánea. Puede valer la pena poner a prueba alguna de sus conjeturas no contrastadas, si es que son contrastables; algunas de ellas pueden, después de todo, tener algún elemento de verdad, y hasta el establecer que son falsas significará cierta adquisición de conocimiento.

Pero el problema más importante planteado a la ciencia por la pseudociencia es el siguiente: ¿cuáles son los mecanismos psíquicos y sociales que han permitido sobrevivir hasta la edad atómica a supersticiones arcaicas, como la fe en la profecía y la fe en que los sueños dicen la verdad oculta? ¿Por qué no se desvanecen las supersticiones y sus exuberantes desarrollos, las pseudociencias, en cuanto se demuestra la falsedad de su lógica, de su metodología demasiado ingenua o maliciosa, y de sus tesis, incompatibles con los mejores datos y las mejores teorías de que dispone la ciencia?

Problemas

1.6.1. Los pseudocientíficos suelen hacer la propaganda de su saber indicando que tal o cual científico o filósofo cree en él. ¿Qué tipo de argumentación es ésta? ¿Constituye eso una prueba de la pseudociencia así presentada, o más bien es una indicación acerca de la actitud científica del pensador que se cite?

1.6.2. ¿Por qué no aparecen nunca fantasmas en Piccadilly Circus ni en Times Square? ¿Por qué los astrólogos no repasan nunca sus anteriores profecías para calcular el porcentaje de aciertos? ¿Por qué sus intuiciones son por de pronto razonables, es decir, tales que puede hacerlas cualquier persona bien informada? ¿Por qué no utilizan los psicoanalistas las técnicas estadísticas de control de sus hipótesis? ¿Sólo porque no las dominan? ¿Por qué no anuncian los curanderos la frecuencia de sus supuestas curaciones, en vez de dar su número total? ¿Por qué los parapsicólogos y los psicoanalistas no enuncian predicciones precisas?

1.6.3. Presentar una reseña de cada una de las obras siguientes sobre psicoanálisis: H. J. Eysenck, "Psychoanalysis: Myth or Science?", *Inquiry*, 1, 1, 1961. H. J. Eysenck, ed., *Handbook of Abnormal Psychology*, Londres, Pitman Medical Publishing Co., 1960, cap. 18. E. Nagel, "Methodological Issues in Psychoanalytic Theory", en S. Hook (ed.), *Psychoanalysis, Scientific Method and Philosophy*, Nueva York, New York University Press, 1959. W. H. Sewall, "Infant Training and the Personality of the Child", *American Journal of Sociology*, LVIII, 150, 1952. J. Wolpe, *Psychotherapy by Reciprocal Inhibition*, Stanford, Stanford University Press, 1958. L. Berkowitz, *Aggression*, Nueva York, McGraw-Hill, 1962. *Problema en lugar del anterior*: reseñar los escritos aludidos en el texto, localizándolos en los *Psychological Abstracts*.

1.6.4. Presentar un informe sobre algunos de los artículos contenidos en P. Kurtz (comp.), *A Skeptic's Handbook of Parapsychology*, Buffalo, NY: Prometheus Book, 1985. *Problema en lugar del anterior*: Redáctese una reseña crítica de los artículos aparecidos en *The Skeptical Inquirer* acerca de alguna de las pseudociencias.

1.6.5. ¿Pueden perfeccionarse la parapsicología y el psicoanálisis mediante una formulación más precisa de sus hipótesis, una organización lógica mejor y más datos empíricos, como frecuentemente sostienen sus partidarios menos fanáticos?

1.6.6. Examinar la opinión de P. K. Feyerabend, en *Contra el método* (Madrid, Tecnos, 1979), de que no hay diferencia entre ciencia y pseudociencia: de que "todo vale".

1.6.7. Comentar alguno de los enunciados siguientes: (i) S. Freud, *Introductory Lectures on Psychoanalysis*, 2a. ed., Londres, Allen & Unwin, 1929, p. 16: el psicoanálisis “tiene que abandonar toda concepción previa, anatómica, química o fisiológica, y tiene que trabajar siempre con concepciones de orden puramente psicológico”. (ii) R. H. Thouless, citado por S. G. Soal y F. Bateman, *Modern Experiments in Telepathy*, Londres, Faber and Faber, y New Haven, Conn., Yale University Press, 1954, p. 357: “Querría indicar que el descubrimiento de los fenómenos *psi* nos ha llevado a un punto [...] en el cual tenemos que poner en tela de juicio teorías básicas, porque ellas nos imponen expectativas contradichas por los resultados experimentales [...] tenemos que estar dispuestos a discutir todas nuestras viejas concepciones y a desconfiar de todos nuestros hábitos mentales.” *Problema en lugar de ése*: ¿En qué difieren las pseudociencias de las normales herejías científicas?

1.6.8. Realizar un análisis metacientífico de las siguientes doctrinas: frenología, grafología, homeopatía, osteopatía, *Rassenkunde* [la teoría alemana del racismo]. Averiguar si todas ellas comparten el método y el objetivo de la ciencia. *Problema en lugar de ése*: Realizar un estudio de las curaciones milagrosas (por la fe, la confesión, la logoterapia, los remedios de curandero, etc.) y de su especial lógica. Mostrar, en particular, si suponen (i) la falacia del *post hoc, ergo propter hoc* (después de, luego por causa de); (ii) la ignorancia de otras hipótesis posibles (como la sugestión, por ejemplo); (iii) la ignorancia de casos desfavorables o su conversión en casos favorables mediante el añadido de hipótesis *ad hoc* (por ejemplo, explicando el fracaso por sortilegios o por falta de fe).

1.6.9. ¿Qué hay que examinar para averiguar si una determinada doctrina es científica o no lo es? ¿Su uso de una jerga especial? ¿Su uso de procedimientos empíricos (como la observación)? ¿Su aparente éxito práctico? ¿La cantidad y calidad de sus seguidores? ¿O los métodos que usa, su continuidad con el cuerpo de la ciencia y su objetivo?

1.6.10. La homeopatía afirma que cura con ciertos productos naturales altamente diluidos. Al calcular la concentración de una medicina homeopática se halla una cifra del orden de una molécula por centímetro cúbico. ¿Basta esto para dejar de lado la homeopatía, o es necesario someterla a experimentación? En cualquier caso, ¿qué tipo de argumentación sería el usado? *Problema en lugar de ése*: estudiar la psicología de la credulidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Ackoff, R. L., *Scientific Method: Optimizing Applied Research Decisions*, Nueva York y Londres, John Wiley & Sons, Inc., 1962, cap. 1.
- Bunge, M., *Metascientific Queries*, Springfield, Ill., Charles C. Thomas Publisher, 1959, cap. 1-3.
- , *Method, Model, and Matter*, Dordrecht, Reidel, 1973.
- , *Ciencia, técnica y desarrollo*, Buenos Aires, Sudamericana, 1997.
- , *Exploring the World*, Dordrecht, Reidel, 1983.
- Conant, J. B., *On Understanding Science*, New Haven, Conn., Yale University Press, 1947.
- Churchman, C. W., R. L. Ackoff y E. L. Arnoff, *Introduction to Operations Research*, Nueva York, Londres, John Wiley & Sons, Inc., 1957, Cap. 1.
- Feyerabend, P. K., *Contra el método*, Madrid, Tecnos, 1979.
- Gardner, M., *Fads and Fallacies*, Nueva York, Dover Publications, 1957.
- , *Science: Good, Bad and Bogus*, Oxford, Oxford University Press, 1983.

- Gellner, E., *The Psychoanalytic Movement*, 2a. ed., Londres, Fontana Press, 1993.
- Gross, P. R., N. Levitt y M. W. Lewis (comps.), *The Flight from Reason and Science*, Nueva York, New York Academy of Sciences, 1996.
- Mehlberg, H., *The Reach of Science*, Toronto, Toronto University Press, 1958, parte II.
- Merton, R. K., *The Sociology of Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1973.
- Nagel, E., *The Structure of Science*, Nueva York, Harcourt, Brace & World, 1961.
- Nash, L. K., *The Nature of the Natural Sciences*, Boston, Little, Brown and Co., 1963.
- Popper, K. R., *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos, 1962.
- , *Conjectures and Refutations*, Nueva York, Basic Books, 1963.
- Wilson, E. B. Jr., *An Introduction to Scientific Research*, Nueva York, McGraw-Hill, 1952, cap. 3.
- Wolpert, L., *The Unnatural Nature of Science*, Londres, Faber and Faber.

2. CONCEPTO

A diferencia de las pautas innatas de comportamiento y de las artesanías, el conocimiento científico es predominantemente *conceptual*: consta de sistemas de conceptos interrelacionados de determinados modos. (Ejemplo de concepto: “mayor que”. Ejemplo de sistema conceptual: “El laurencio tiene un peso atómico mayor que el del nobelio”. Ejemplo de sistema conceptual de orden superior: la teoría de la estática.) En cambio, la investigación científica cuenta con habilidades que no están conceptualizadas sino en parte: el saber práctico de laboratorio y de campo, y hasta habilidades utilizadas en la manipulación de conceptos.

El concepto es la unidad de pensamiento; por eso la teoría de los conceptos debería ser el equivalente filosófico de la teoría atómica. Los conceptos, al igual que los átomos materiales, no son datos de la experiencia, sino que hay que buscarlos mediante el análisis. ¿Análisis de qué? Sin duda de las expresiones lingüísticas del conocimiento, puesto que el conocimiento conceptual aparece envuelto en signos: palabras, símbolos, diagramas, etc. Para conseguir acceso a las ideas de la ciencia, tenemos que atravesar los lenguajes de la ciencia. Esta perforación se realiza con la ayuda del análisis filosófico, instrumento adecuado para descubrir la estructura y aclarar el sentido de los sistemas conceptuales.

Este capítulo y el siguiente están dedicados a un análisis filosófico de los conceptos científicos, o sea, a la lógica y la epistemología de los conceptos. La lógica de los conceptos tiene dos partes: la *sintaxis* de los conceptos, que estudia su estructura, y la *semántica* de los conceptos, que estudia la connotación de los mismos y su denotación, si la tienen. Veremos que la sintaxis y la semántica de los conceptos se interpenetran, aunque no sea más que por el hecho de que el dominio al que legítimamente puede aplicarse un concepto está determinado por su connotación. Por último, la epistemología de los conceptos se ocupa de estudiar su función en el proceso del conocimiento, y es muchas veces difícil de distinguir de la semántica de los conceptos. En este estudio usaremos moderadamente los elementos de la lógica formal y la semántica modernas, pero sin suponer en el lector ninguna familiaridad con esas disciplinas.

2.1. LENGUAJES CIENTÍFICOS

A diferencia de los místicos y de los ocultistas, los científicos objetivizan sus ideas por medio de signos que pueden ser percibidos y entendidos por todo el que lo desee. Así facilitan su propio trabajo y lo presentan al control y al uso públicos. Dicho de otro modo: la conversión del conocimiento personal en conocimiento científico va acompañada por la representación del primero con la ayuda de un conjunto de señales materiales convencionales (signos) que pertenecen a uno o más lenguajes. Nuestro acceso al conocimiento

científico tiene, por tanto, lugar a través de conjuntos de signos artificiales arbitrados para transportar ideas, más que sentimientos, como es el caso del lenguaje artístico. Por eso será conveniente repasar algunas nociones de *semiótica*, la ciencia de los signos.

Algunos lenguajes son creaciones históricas más o menos espontáneas: los llamaremos *lenguajes naturales*; ejemplo: el inglés. Un lenguaje natural sirve primariamente a fines de elaboración, almacenamiento y comunicación del conocimiento común. Ningún sector de la ciencia puede prescindir del lenguaje ordinario, pero ninguno puede tampoco seguir adelante sin construirse uno propio. Toda ciencia construye un *lenguaje artificial* propio que contiene signos tomados del lenguaje ordinario, pero se caracteriza por otros signos y combinaciones de signos que se introducen junto con ideas peculiares de esa ciencia. Ambos lenguajes, el natural y el artificial, son no sólo instrumentos de comunicación, sino también instrumentos para pensar.

En esquema, una primera división del lenguaje puede ser:

$$\text{Lenguaje} \begin{cases} \text{Natural (p. ej., inglés)} \\ \text{Artificial} \begin{cases} \text{Conceptual (p. ej., la notación aritmética)} \\ \text{No-conceptual (p. ej., la notación musical)} \end{cases} \end{cases}$$

(Algunos filósofos opinan que una ciencia no es más que un lenguaje artificial, lo que explica títulos como *El Lenguaje de la Física* y *El Lenguaje de la Sociología*, puestos a libros de la correspondiente metaciencia. Pero eso es coger el rábano por las hojas. La ciencia elabora sistemas de signos y trabaja con ellos, pero sólo en la medida en que esos signos materializan nuestras ideas acerca de objetos no-lingüísticos, como los enlaces químicos, por ejemplo. Además, la ciencia es comunicable, pero no es algo construido para el mero fin de la comunicación. La ciencia, en resolución, tiene un lenguaje, pero no es un lenguaje: es un cuerpo de ideas y procedimientos expresado en unos cuantos lenguajes. Por eso, un examen filosófico de la ciencia que se limite a analizar sus lenguajes perderá de vista lo que es peculiar de la ciencia: la búsqueda de verdad objetiva.)

Cuando hablamos o escribimos acerca de un cuerpo de signos (un lenguaje), nos colocamos más allá o fuera del objeto de nuestra investigación: utilizamos un lenguaje de nivel superior, desde cuya altura, por así decirlo, contemplamos el anterior, que está abajo. El lenguaje del cual hablamos se llama *lenguaje-objeto*; y hablamos de él en un *meta-lenguaje*. Así, cuando decimos que una determinada proposición (enunciado) *p* es verdadera, pronunciamos un *metaenunciado* acerca del enunciado *p*. Si *p* está expresado por una sentencia que pertenece a un determinado lenguaje-objeto, entonces el correspondiente metaenunciado se expresará por una sentencia del metalenguaje. Esta diferencia de nivel puede expresarse poniendo al símbolo objeto entre comillas, así.

- | | |
|--|-------|
| La sentencia 's' expresa la proposición <i>p</i> | [2.1] |
| La proposición " <i>p</i> " es verdadera | [2.2] |
| La sentencia '[2.2]' pertenece a un metalenguaje de <i>s</i> | [2.3] |

Obsérvese que al mencionar objetos lingüísticos, como las sentencias, los ponemos entre comillas simples, mientras que los objetos conceptuales, como las proposiciones

expresadas por sentencias, aparecen, cuando son mencionadas, entre comillas dobles. Son, naturalmente, posibles otras convenciones al respecto: lo que importa es adoptar una convención consistente y sencilla, y aferrarse fielmente a ella –cosa que se dice más fácilmente de lo que se hace.

No hay, en principio, límite para el número de metalenguajes, como lo indica [2.3], que pertenece al metametalenguaje de *s*; por otro lado, el lenguaje-objeto al que pertenece *s* puede muy bien ser un metalenguaje. La distinción entre niveles lingüísticos evita confusiones y paradojas. (Recuérdese la paradoja semántica del embustero que dice ‘Estoy mintiendo’.) La distinción se presenta y debe mostrarse en la ciencia cada vez que hallamos *metateoremas* (teoremas acerca de teoremas), *metaleyes* (leyes acerca de leyes), y metarreglas (reglas de reglas), por no hablar ya de los meros comentarios acerca de teoremas, leyes y reglas, comentarios que pertenecen a un nivel lingüístico superior a aquel al que pertenece el objeto comentado.

Igual que cualquier otra creación humana, el lenguaje puede estudiarse tanto en sí mismo (estudio interno), cuanto como objeto social (estudio externo). Este último planteamiento es el propio del psicólogo, el antropólogo, el sociólogo y el historiador interesados por el lenguaje como fenómeno cultural. Tal planteamiento, importante en sí mismo, no es, en cambio, relevante para nuestros fines: lo que nos interesa no son tanto los *usos* de los signos en la vida social real (objeto de la *pragmática*, que es la unión de las ciencias empíricas recién aludidas) cuanto la *estructura* de los signos (objeto de la *sintaxis*) y sus *relaciones con ideas y cosas* (objeto de la *semántica*). La razón por la cual nos quedamos con la sintaxis y la semántica como instrumentos adecuados para el estudio de los lenguajes científicos es como sigue: Lo que nos interesa en última instancia son las ideas y los procedimientos de la ciencia, más que los modos, históricamente condicionados, como han sido expresadas esas ideas y formulados esos procedimientos por las diversas comunidades científicas; por tanto, tenemos que poner en el foco de nuestra atención lo que se mantiene invariante a través de cambios culturales tales como el paso de un lenguaje natural a otro, y hasta bajo cambios tales como los de notación en los lenguajes artificiales.

Tomemos, por ejemplo, la sentencia

Cuanto mayor es el volumen de producción, tanto mayor el coste del producto total.

[2.4]

Equivalentes de esa sentencia son sus traducciones a otros lenguajes naturales; de este modo se produce un conjunto de entidades lingüísticas (sentencias en este caso), cada una de las cuales expresa la misma idea, que es, en este caso, cierta proposición perteneciente a la economía. La idea considerada puede expresarse de un modo más desnudo, exacto y universal en lenguaje matemático, escribiendo por ejemplo:

$$z = m \cdot y + n$$

[2.5]

fórmula en la que ‘*z*’ designa en este caso el coste del producto total, ‘*m*’ el coste de producción por unidad, ‘*y*’ el volumen de producción y ‘*n*’ los gastos generales determinados. Sabemos, desde luego, que [2.5] es demasiado sencilla para ser verdadera: [2.5] es sólo una primera aproximación (lineal) a una relación más compleja entre *y* y *z*. Pero esto no es asunto nuestro.

Puede darse toda una serie ilimitada de otras lecturas posibles (interpretaciones) de esos mismos signos ‘y’, ‘z’, ‘m’, y ‘n’: de hecho, la misma fórmula [2.5] puede usarse para expresar relaciones físicas, biológicas, psicológicas, etc. En la forma [2.5] puede moldearse una gran variedad de contenidos específicos. Cada interpretación de una forma matemática está determinada por un conjunto de reglas de sentido y designación, tales como “‘y’ designa [representa] el volumen de producción”. Si no se adopta ninguna interpretación determinada de los signos —o sea, si no se formulan reglas de designación— queda un esquema vacío que no afirma nada acerca del mundo y es, por tanto, asunto matemático. Si en [2.5] sólo ‘=’ conserva su significación habitual (identidad), mientras que los demás símbolos quedan sin interpretar, entonces [2.5] es una fórmula *abstracta*; si las letras se interpretan como variables numéricas y ‘+’ como la adición aritmética, entonces [2.5] recibe una interpretación aritmética: ya no es abstracta, pero sigue siendo una fórmula formal, esto es, una fórmula de sentido puramente matemático.

El estudio interno de una expresión lingüística como [2.4] o [2.5] se refiere tanto a su forma cuanto a su contenido: la forma está determinada por el peculiar modo como se combinan los signos, y el contenido por lo que dicen los signos —si es que dicen algo, porque pueden no decir nada, como ocurre cuando no se atribuye ningún sentido particular a los signos componentes. Las combinaciones aceptables de signos se establecen mediante reglas de formación (o reglas gramaticales, en un sentido amplio de ‘gramática’); y sus significaciones se establecen mediante reglas de designación.

La fórmula [2.5], aunque más exacta que la correspondiente sentencia verbal [2.4], sigue siendo un análisis incompleto de ésta, pues coste de producción, volumen de producción, etc., no son cosas, sino propiedades de cosas de cierta clase (mercancías). Consiguientemente, se debería poner en lugar de la expresión ‘volumen de producción’, la expresión ‘volumen de producción de x’, designando ‘x’ una entidad arbitraria de una determinada clase, como el conjunto de las máquinas de escribir, al que pertenece la mía. Así podría completarse la fórmula [2.5] haciéndola tomar el siguiente aspecto:

$$z(x) = m(x) \cdot y(x) + n(x) \quad [2.6]$$

Aquí ‘x’ designa la *variable individual*, o de objeto, variable cuyo campo es el conjunto de los objetos individuales considerado (por ejemplo, una colección de máquinas de escribir). Bastantes progresos científicos han consistido en el descubrimiento de que algo era una propiedad, y no una cosa, o una relación, y no una propiedad intrínseca. Recuérdese la destitución del calor como cosa —el calórico— y su conversión en una propiedad; o el descubrimiento de que la longitud es una propiedad relacional de las cosas, y no una propiedad intrínseca o absoluta de las mismas; o el descubrimiento de que el espíritu es un sistema de funciones, y no una sustancia. En todos esos casos, el análisis lógico más profundo ha sido un aspecto del análisis científico más profundo; y, en general, el análisis lógico de una fórmula requiere un conocimiento sustantivo, razón por la cual no hay análisis lógicos totales de fórmulas que tengan un contenido factual.

Tal como se nos presenta hasta ahora, y aunque le añadamos reglas de designación, [2.6] no designa una proposición propiamente dicha, esto es, un enunciado determinado que pueda ser verdadero o falso en alguna medida. De hecho, mientras los valores de la

variable individual x y los valores numéricos y , z , m y n estén sin fijar, la fórmula [2.6] es un esquema con huecos: expresa una *función proposicional*, más compleja que “ x es azul” (cf. 1.4). Puede ser perfectamente que [2.6] carezca de sentido para acciones, o que valga para máquinas de escribir, pero no para otros valores de x , o que valga para pequeños valores del volumen de producción y , y no para valores grandes, etc. En cualquier caso, [2.6] es una fórmula indeterminada, un esquema o matriz a partir del cual podemos conseguir cierto número de sentencias, cada una de las cuales designará una proposición exacta o aproximadamente verdadera (o falsa). Los esquemas que expresan funciones proposicionales se llaman *funciones sentenciales* o sentencias abiertas.

Una función sentencial como $P(x)$ puede serlo o bien porque el campo de la variable individual x se deja sin definir o bien porque (lo cual puede ocurrir además de lo anterior) no se ha fijado la *variable predicativa* P , fijación que puede hacerse, por ejemplo, mediante una regla de designación tal como: “El predicado P designa el concepto ‘número primo’”. Si ‘ P ’ designa una constante predicativa, y no una variable predicativa, o sea, si el valor de P está fijado, entonces x es la única variable que queda en la función sentencial $P(x)$. Si x toma un valor determinado, por ejemplo la constante c , que designe un determinado individuo, como el número 3, entonces obtenemos la sentencia $P(c)$, o sea, ‘3 es un número primo’. Dicho brevemente: una función sentencial se convierte en una sentencia y, consiguientemente, la función proposicional denotada se convierte en una proposición, si todas las variables individuales y predicativas toman valores específicos, o sea, determinados por una *especificación*.

Hay otra manera de conseguir que una función proposicional se convierta en una idea verdadera o falsa, es decir, en una proposición: mediante *generalización*. Ésta se lleva a cabo anteponiendo un *cuantificador* a la proposición. La misión del cuantificador es indicar los valores de la variable. Así, la función proposicional “ x es azul” puede convertirse en la proposición verdadera “algún x es azul” o en la proposición falsa “todo x es azul”. El prefijo ‘para algún x ’ (o ‘para un x al menos’) es un *cuantificador existencial*; ‘para todo x ’ (o ‘para cada x ’) es un *cuantificador universal*. Utilizaremos los cuantificadores indicados en la lista siguiente.

TABLA 2.1. LISTA DE CUANTIFICADORES

<i>Nombre</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Lectura</i>
Cuantificador existencial indefinido	$(\exists x)$	Hay al menos un x tal que
Cuantificadores existenciales definidos	$(\exists x)_n$	Hay exactamente n x tales que
Cuantificador existencial limitado	$(\exists x)_U$	Existen x en U tales que
Cuantificador universal libre	(x)	Todo x es tal que
Cuantificador universal limitado	$(x)_U$	Todo x del conjunto U es tal que

Para $n = 1$, el cuantificador existencial definido es $(\exists x)_1$, que puede leerse: ‘Hay exactamente un x tal que’; los matemáticos suelen designar este singularizador mediante ‘E!’. La expresión suscrita que aparece en el símbolo del cuantificador universal limitado, ‘ $x \in U$ ’, puede leerse ‘ x está en U ’, o ‘ x pertenece a U ’ designando ‘ U ’ el *universo del discurso*, o sea, el dominio de individuos aludido por el enunciado entero.

Pueden formarse proposiciones con una sola variable individual x y una sola variable predicativa P asignando valores a ambas o prefijando cuantificadores. La tabla siguiente presenta las clases de proposiciones que resultan; están ordenadas por la extensión o generalidad.

TABLA 2.2. CLASES DE PROPOSICIONES ELEMENTALES

Proposiciones	Individuales	Singulares $P(c)$, con P y c constantes	
		Existenciales $(\exists x)_I (Px)$, o $E! P(x)$	
	Indefinidas	$(\exists x) P(x)$	
	Generales	Particulares $(\exists x)_n P(x)$, con $n > 1$	
		Universales	Limitadas $(x)_U P(x)$
			Libres $(x)P(x)$

Las proposiciones son los objetos de interés más importantes, pero no los únicos, que se encuentran en el conocimiento científico, o, en general, en cualquier cuerpo de ideas. Pero también encontramos *propuestas* (por ejemplo, “Supongamos p ”), *problemas* (por ejemplo, “¿es c un P ?”), *reglas* (por ejemplo, “Hágase A para conseguir B ”) y otras ideas que no son ni verdaderas ni falsas. (Dicho sea de paso, la lógica de las propuestas, los problemas, las reglas, las promesas, las amenazas y otros objetos conceptuales que no tienen valor veritativo, está aún prácticamente por empezar.) Lo que no hallamos en el cuerpo del conocimiento científico es *consejos* (“Es conveniente para x hacer y ”), *peticiones* o *ruegos* (“Por favor, x , haga y ”) ni *órdenes* (“Haga x ”). Estas clases de objetos se encuentran en el curso de la investigación, como en el de cualquier otra acción, pero no en el resultado.

Dicho brevemente: las clases de expresiones (bien formadas y autocontenidas) que encontramos en los lenguajes científicos son las siguientes:

TABLA 2.3. LISTA DE EXPRESIONES BIEN FORMADAS Y AUTOCONTENIDAS

<i>Signo</i> (objeto lingüístico)	<i>Designatum</i> (objeto conceptual)	<i>Ejemplo</i>	<i>Símbolo</i>
Función sentencial	Función proposicional	x es primo	$P(x)$
Sentencia	Proposición	c es primo	$P(c)$
Sentencia propositiva	Propuesta	Sea c primo	$(S)P(c)$
Pregunta	Problema	¿Es c primo?	$(?)P(c)$
Sentencia regulativa	Regla	Hágase A para conseguir B	B per A

Todas las anteriores son *fórmulas bien formadas*: obedecen a reglas de composición o formación más o menos explícitas. Tales reglas prohíben la formación de monstruos lingüísticos como ‘ x es’ (por incompleto) y ‘ x es más pesado’ (porque “más pesado” es

una relación diádica de dos argumentos, y no una propiedad intrínseca). Además de las *reglas de formación*, o reglas de constitución de fórmulas bien formadas (*fbf*), la sintaxis estudia las *reglas de transformación* de los diversos lenguajes, o sea, las indicaciones que rigen las transformaciones admisibles de unas fórmulas en otras. Por ejemplo, toda equivalencia —como “Si x e y son números, entonces $x = -y$ si y sólo si $x + y = 0$ ”—puede utilizarse como una regla que permite sustituir un miembro de la equivalencia (por ejemplo, el miembro “ $x = -y$ ”) por el otro miembro (“ $x + y = 0$ ”). (Pero las equivalencias mismas no son reglas.)

En los lenguajes científicos, las reglas de formación y transformación no suelen aparecer formuladas explícitamente: hay que explicitarlas cuando se analiza o formaliza algún sector del discurso. En el caso de la formalización (que consiste en poner todas las cartas encima de la mesa), se da una lista completa de las reglas de formación y las reglas de transformación. (La formalización de teorías se estudiará en la sección 8.3.) Una tal lista es la culminación del análisis sintáctico del fragmento de discurso de que se trate. La lógica elemental es una sintaxis universal que estudia las reglas de formación y transformación de todos los lenguajes conceptuales; un análisis sintáctico más profundo requiere ya un conocimiento sustantivo material del campo de que se trate.

Toda fórmula compleja bien formada contiene por lo menos un término que representa un concepto. Así, “ x es un número primo” contiene el concepto específico de número primo y el concepto genérico de tener una propiedad, o pertenecer a un conjunto de elementos todos los cuales están caracterizados por una propiedad. Consiguientemente, un análisis de las expresiones bien formadas supondrá su descomposición en términos y relaciones entre términos (análisis sintáctico), así como una averiguación de las relaciones entre ellos y los conceptos que designan (análisis semántico). En resolución: el análisis interno de un lenguaje es a la vez sintáctico y semántico, y apunta a los conceptos y sus representaciones lingüísticas. Este capítulo y el siguiente se ocupan precisamente de algunos rasgos de ese análisis dúplice, en la medida en que puede ayudarnos a entender la ciencia. Pero antes de entrar en mayor detalle debemos aludir a ciertos problemas generales referentes al lenguaje de la ciencia.

Desde el punto de vista de la sociología lingüística, un lenguaje científico es simplemente un dialecto profesional. Desde un punto de vista metacientífico, un lenguaje científico no se encuentra al mismo nivel que un *argot* o jerga suburbana, que puede aprenderse leyendo novelas costumbristas; la diferencia se debe a que los lenguajes de la ciencia se construyen para expresar un conocimiento extraordinario, y no primariamente el ordinario. Toda ciencia utiliza, además del lenguaje ordinario, expresiones y transformaciones de las mismas que no tienen sentido sino en el contexto de alguna teoría. Así, la expresión ‘Las partículas alfa despedidas de la cámara iónica se aceleraron en el ciclotrón hasta 100 MeV’, aunque es una sencilla sentencia descriptiva, no tiene sentido fuera del contexto de la física atómica; para entender la frase hay que conocer ciertas teorías, y no simplemente echar mano del Diccionario de la Academia. El análisis interno completo (sintáctico y semántico) de un fragmento de discurso científico, aunque sea sencillo como la frase anterior, exige una comprensión adecuada de un cuerpo básico de conocimiento especializado.

En la ciencia, a diferencia de lo que ocurre en el arte, el determinante principal del par idea-signo es la idea. Es verdad que los símbolos influyen, por así decirlo, en el pen-

samiento, porque son artefactos ya preparados y, en esa condición, canalizan pensamiento y, a veces, son capaces de manifestar una extensión insospechada de ciertas ideas. Pero en última instancia el poder de los signos estriba en su capacidad de representar las ideas por las cuales nos interesa usarlos. Ninguna revolución científica ha tenido nunca lugar por cambios puramente lingüísticos, mientras que una idea influyente puede dar lugar a cambios importantes en el lenguaje de una ciencia, cambios que tal vez se propagan a ciencias contiguas. Ejemplo de ello son los cambios lingüísticos producidos en la biología por la teoría evolucionista de Darwin y, más recientemente, por la adopción por parte de los genetistas de algunos conceptos clave de la teoría de la información, como “información” y “código”, así como por las discusiones de los sociólogos acerca de la teoría de las decisiones, por virtud de la cual cada uno de nosotros ha sido ascendido al rango de formulador de decisiones. La difusión de términos y expresiones científicos que en sus orígenes eran específicos tiene lugar en la medida en la cual se les reconoce la capacidad de suscitar una nueva comprensión —esto es, en la medida en la cual la difusión lingüística es concomitante de una exportación de conocimiento. En resolución: los lenguajes científicos se crean, modifican y difunden junto con teorías y procedimientos científicos; consiguientemente, su estudio no puede realizarse independientemente del de esas teorías y esos procedimientos.

Del mismo modo que el conocimiento científico difiere del conocimiento común (cf. sección 1.1), así también difiere su lenguaje del ordinario. Y del mismo modo que el conocimiento común no puede estimar el conocimiento científico, así también el lenguaje ordinario es un instrumento demasiado rudimentario para estudiar los delicados lenguajes especiales de la ciencia, como el de la mecánica cuántica, por ejemplo. Más que un instrumento analítico, el lenguaje ordinario es en realidad un objeto de análisis, un *analysandum*, y aún más resueltamente un objeto que hay que depurar con la ayuda de lenguajes más finos, empezando por la lógica elemental. Un tal análisis está en curso desde principios de siglo, y ha mostrado ya, por un lado, la sutileza psicológica (por ejemplo, los acentos retóricos) del lenguaje ordinario, y, por otro, las limitaciones y las imprecisiones de los lenguajes naturales y de la lógica (antigua y medieval) basada en ellos. Así, por ejemplo, el lenguaje común admite frases como ‘Es capaz de hacer toda clase de cosas’. La lógica, en cambio, nos prohíbe, y con sólidas razones, tratar a las clases como si fueran individuos (por ejemplo, a las clases de cosas como si fueran cosas), y nos invita así a corregir la anterior sentencia diciendo en su lugar: ‘Es capaz de hacer cosas de todas clases.’

Las limitaciones e imperfecciones del lenguaje ordinario han provocado, naturalmente, la invención de los lenguajes artificiales de la ciencia. Análogamente, la imperfección de la lógica clásica (aristotélica) —asociada íntimamente con las lenguas europeas— ha motivado la creación de la lógica moderna (lógica simbólica y semántica), utilizada por la mayoría de los actuales filósofos de la ciencia como instrumento para sus análisis de la ciencia. Atenderemos ahora a otros rasgos de esos instrumentos.

Problemas

2.1.1. Caracterizar e ilustrar el concepto de lenguaje artificial. Distinguir cuidadosamente entre los lenguajes artificiales de la ciencia, como el de la mecánica analítica, y los lenguajes-juguetes *ad hoc* que a veces inventan los filósofos, ya para estudiar mejor los rasgos de los lenguajes reales, ya para eludir problemas difíciles. Un lenguaje privilegiado de este tipo de lenguaje-juguete es el que consta de un conjunto finito de constantes (que designan individuos) y otro de predicados monádicos (que designan propiedades intrínsecas).

2.1.2. Elegir un fragmento de texto científico y mostrar qué expresiones del mismo pertenecen al lenguaje ordinario y cuáles a lenguajes artificiales.

2.1.3. Tomar un texto científico e identificar en él algunas expresiones metalingüísticas, unas pocas sentencias propositivas y algunas sentencias regulativas.

2.1.4. Enumerar las peculiaridades de los lenguajes científicos, diferenciándolas de las características del lenguaje ordinario.

2.1.5. Comentar la frase de Condillac según la cual “Una ciencia no es más que un lenguaje bien hecho”, y la creencia de Poincaré en que la función del científico consiste exclusivamente en crear un lenguaje claro y conciso para expresar hechos concretos. Tener en cuenta: (i) que cierto número de teorías incompatibles entre sí pueden formularse en un mismo lenguaje, y (ii) que una fórmula expresable en un determinado lenguaje, por ejemplo, “ $2 = 1$ ”, puede no pertenecer a la teoría correspondiente a ese lenguaje.

2.1.6. Tomar el protocolo de un experimento y determinar si está formulado en un lenguaje sensorial (de enumeración de datos de los sentidos) o si contiene términos que no designan directamente experiencia humana. Determinar ante todo: (i) si un lenguaje puramente sensista puede bastar para los fines científicos; (ii) si, caso de existir tal lenguaje, puede ser público, no meramente personal; y (iii) si un tal lenguaje podría expresar enunciados objetivos, esto es, proposiciones que fueran más allá de lo que es o puede ser objeto de experiencia de un determinado sujeto.

2.1.7. Los términos ‘rojo’, ‘áspero’ y ‘doloroso’ intervienen en la descripción de ciertos hechos experimentales: consiguientemente, se les puede llamar *términos fenoménicos*. Por otra parte, ‘cosa’, ‘longitud’ y ‘viviente’ intervienen en la descripción y la explicación de hechos objetivos, independientemente de que puedan ser o no objeto de experiencia directa: podemos llamarles *términos de objeto físico*. ‘Veo rojo’ es entonces una sentencia fenomenista, mientras que ‘Aquí encima hay una bandera roja’ es una sentencia de objeto físico. Algunos filósofos, especialmente los primeros positivistas, sostuvieron (i) que existe un *lenguaje fenomenista* (y no sólo un vocabulario fenomenista, cosa que nadie puede negar) y (ii) que ese lenguaje fenomenista es o debería ser el *lenguaje básico* de la ciencia, en el sentido de que todos los términos de objeto físico, particularmente los teoréticos (como ‘temperatura’), son o deberían ser contruidos a partir de términos fenomenistas por medios puramente lógicos. Discutir esas tesis. Intentar construir un término científico, como ‘distancia’ o ‘masa’, a partir de términos fenomenistas. Y determinar qué ventajas tendría esa reconstrucción para una filosofía subjetivista (centrada en el sujeto), como el empirismo, si el vocabulario, aunque no la sintaxis, de la ciencia fuera así reducible a la experiencia subjetiva.

2.1.8. Considerar el siguiente texto, tomado de J. Z. Young, *The Life of Mammals*, Oxford, Clarendon Press, 1957, p. 572: “La esencia de una hormona, hablando con precisión, consiste en constituir una señal química específica. Hemos visto que el concepto de señalización implica un conjunto de instrucciones para obrar de una determinada manera. Las señales aseguran la corrección de la acción porque se envían a partir de una estructura o código controlado, se transmiten a distancia y son ‘descifradas’ según aquel código por los receptores, mediante la selección de algunas entre las acciones posibles de estos últimos. Las glándulas de secreción interna son capaces

de actuar de ese modo gracias a que las instrucciones hereditarias contenidas en los genes aseguran que la emisión de sus productos está controlada de tal modo que tiene lugar en condiciones adecuadas. Las señales son descifradas por determinados tejidos que son sensibles a ellas, razón por la cual se conocen a veces con la denominación de *órganos-blanco*.” Buscar en la literatura científica más ejemplos de renovación de un dialecto científico a causa de la influencia de nuevas teorías. *Problema en lugar del anterior*: Hace mucho tiempo que se observó que ciertos términos quedan sobre-determinados, por así decirlo, por teorías científicas, como consecuencia de lo cual se producen numerosas controversias acerca del nombre “correcto” de una cosa, controversias que suponen en realidad una polémica sobre teorías rivales. Tal fue, sin duda, el caso por lo que hace al “aire desflogisticado”, descubierto por Priestley, pero no identificado correctamente hasta Lavoisier, y rebautizado entonces por él con el nombre de ‘oxígeno’. Discutir e ilustrar el alcance teórico de la terminología científica. Cf. W. Whewell, *Novum Organum Renovatum*, 3a. ed., Londres, Parker, 1858, pp. 264ss., 294ss., y N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge University Press, 1958, pp. 54 ss.

2.1.9. Discutir el lugar del análisis sintáctico y semántico en la ciencia o en la filosofía. Cf. C. W. Morris, *Foundations of the Theory of Signs*, vol. 1, núm. 2, de la *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1939, especialmente la sec. vii; R. Carnap, *The Logical Syntax of Language*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1937, especialmente la parte v; M. Bunge, *Sense and Reference e Interpretation and Truth*, Dordrecht, Reidel, 1974.

2.1.10. Esbozar un programa de investigación de la lógica de las propuestas, y mostrar su relevancia para el estudio de las hipótesis científicas. *Problema en lugar de éste*: Desarrollar con comentarios la relación entre equivalencia y regla aludida en el texto.

2.2. TÉRMINO Y CONCEPTO

Considérese la sentencia ‘Darwin fue un científico’: es una de las muchas expresiones lingüísticas posibles de la proposición correspondiente (cf. sección 2.1). Cada palabra de esa sentencia es un *término*, es decir, una unidad lingüística. Pero no todo término designa por sí mismo un concepto, ni todo concepto refiere por sí mismo, independientemente, a un rasgo de la realidad. De hecho, los conceptos contenidos en la proposición en cuestión son “Darwin”, “pertenencia a clase” (concepto designado por la vaga dicción ‘fue un’) y “científico del pasado”. ‘Darwin’, que lingüísticamente es un nombre propio y lógicamente una constante individual, designa el concepto “Darwin”, el cual representa a su vez al individuo vivo Darwin. ‘Fue un’ es una forma lingüística de ‘ser un’, la cual designa en este caso la pertenencia a una determinada clase, concretamente a la clase de los científicos del pasado. Y ‘científico del pasado’ designa el concepto “científico que vivió antes de nuestros días”; es una frase (o signo complejo) que designa un concepto único.

Así pues, un fraseo más exacto de la sentencia enunciada es: ‘Darwin pertenece a la clase de los científicos del pasado’. Esta sentencia puede simbolizarse por $c \in P$, en la cual, ‘c’ designa al individuo Darwin, ‘ $\in$ ’ designa la relación de pertenencia a clase, y ‘P’ la clase de los científicos del pasado. Otra simbolización equivalente es ‘ $P(c)$ ’, cuya lectura es: ‘c es un P’, o ‘c satisface la función P’ o ‘c es un valor argumento de la función P’.

Los términos ‘fue’ y ‘un’ de la sentencia ‘Darwin fue un científico’ no tienen significación propia: no designan conceptos independientes ni se refieren a ningún concreto

objeto real, aunque intervienen en la descripción de hechos en el lenguaje común. *Algunos filósofos sostendrían, además, que ‘científico del pasado’ es una ficción sin referencia o contrapartida real, pues las clases son según ellos meros nombres aplicados a agrupaciones arbitrarias de individuos. Tal es, ciertamente, el caso de algunos términos de clase, como, por ejemplo, ‘gente agradable’, pero no de todos. Algunas clases –o, por lo menos, algunas colecciones que son homogéneas en algunos aspectos (como las poblaciones biológicas)– se consideran reales incluso cuando se han extinguido, como ocurre en el caso de ciertos conceptos de clases usados por los biólogos. El físico que habla de cuerpos sólidos, el biólogo que estudia las costumbres de las marsopas, y el sociólogo que trata de capas sociales no adoptan una actitud nominalista, sino que creen en la existencia de géneros naturales, y, por tanto, de agrupaciones objetivas basadas en analogías objetivas, comunidad de antepasados u otros rasgos. Además, los científicos no restringen el término ‘realidad’ de tal modo que no se aplique más que a lo que existe en el momento presente respecto al marco de referencia del sujeto. Hemos aprendido a llamar *real* a lo que existe en algún lugar del continuo espacio temporal de cuatro dimensiones.*

La anterior discusión supone tres niveles de entidades: el lingüístico, el conceptual y el óntico; se representan esquemáticamente en la tabla 2.4. Obsérvese que, de acuerdo con la convención adoptada en la sección 2.1, distinguimos entre entidades lingüísticas y entidades conceptuales por el procedimiento de dar las primeras, cuando son mencionadas, entre comillas simples, como en el caso de la cifra ‘3’, mientras que las entidades conceptuales (como, por ejemplo, el número “3”), aparecen entre comillas dobles.

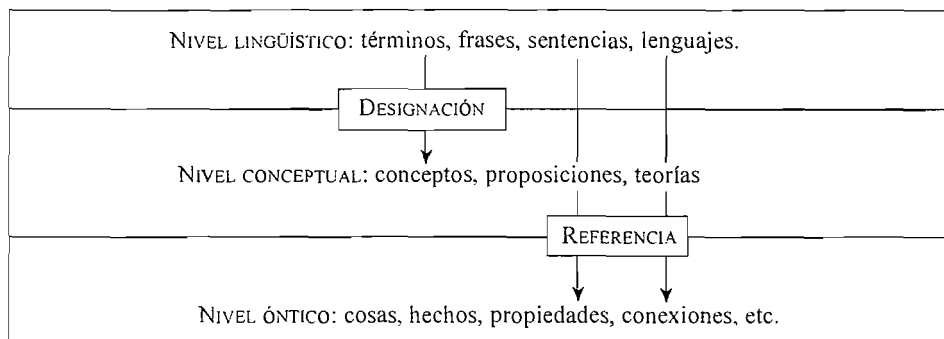
TABLA 2.4. NIVELES LINGÜÍSTICO, CONCEPTUAL Y FÍSICO

Nivel lingüístico (términos y frases)	‘Darwin fue un científico’ (sentencia)	‘c’ = ‘Darwin’ (término)	‘ε’ = ‘pertenece a’ (término)	‘P’ = ‘científico del pasado’
Nivel conceptual (conceptos y proposiciones)	“Darwin fue un científico” (proposición)	‘c’ = ‘Darwin’ (concepto)	‘ε’ = ‘pertenece a clase’ (concepto)	‘P’ = ‘científico del pasado’ (concepto)
Nivel óntico (hechos, cosas, propiedades, etc.)	El hecho de que Darwin fue un científico	El hombre Darwin	—	La colección de científicos del pasado

Nos interesan ahora dos clases de relaciones entre los tres niveles indicados: las relaciones de designación y referencia. La relación de designación *vale* entre miembros del nivel lingüístico y sus correlatos, si existen, en el nivel conceptual. Así decimos que ‘c’ designa a “Darwin”, y llamamos al concepto “Darwin” el *designatum* del término ‘c’. La relación de designación es una relación asimétrica signo-idea; en general, no es biunívoca. La relación de *referencia* se establece entre miembros del nivel lingüístico o conceptual y miembros, si los hay, del nivel físico que son correlatos de los primeros. Por ejemplo, decimos que el hombre Darwin es la *referencia* de ‘c’ y de “c”; o bien, con el mismo valor,

que ‘*c*’ y “*c*” representan a Darwin en sus respectivos niveles. La relación de referencia es una relación asimétrica entre alguna entidad lingüística o conceptual y su correlato físico, si lo tiene. La unión de las dos relaciones, la de designación y la de referencia, puede llamarse *denotación*. La tabla 2.5 resume esta discusión.

TABLA 2.5. DESIGNACIÓN Y REFERENCIA



No todos los términos designan, ni refieren todos los términos y conceptos. Por ejemplo: ‘ello’, ‘!’ y ‘(’ no designan ningún concepto: son partes de expresiones significativas, pero no tienen significación por sí mismos; se llaman *términos sincategoremáticos*. No es nada obvio esto de que no todos los términos y conceptos tengan referencia externa: según ciertas variedades de empirismo y materialismo, todas las ideas tienen correlatos no-conceptuales (empíricos o materiales). Nuestra discusión de las fórmulas analíticas en la sección 1.4. mostró, sin embargo, que la ciencia maneja signos y conceptos sin referencia externa, o sea, símbolos formales. Así diremos que el concepto de número (puro) y todos los conceptos subsumidos bajo el mismo —las subclases constituidas por los números reales, los enteros, los primos, etc.— carecen de referencia. Sólo números concretos, como “10 metros” y “10 átomos”, tienen correlatos, a saber, propiedades de sistemas materiales; pero precisamente por eso no los estudia la matemática, que es una ciencia formal. También diremos que la cifra (nombre de un número) ‘7’ designa el concepto “7”, el cual por su parte no refiere a nada externo a sí mismo. Como en la matemática no se presentan más que tales conceptos formales, no hace falta usar comillas dobles cuando se los menciona; así decimos que 7 es primo, en vez de escribir: “‘7’ es primo”; pues no hay peligro de confundir el concepto 7 con ninguna cosa real. La confusión no puede producirse más que cuando se trata de conceptos concretos: así, por ejemplo, se confunden los átomos con el concepto de átomo o con la palabra ‘átomo’.

En general, los conceptos de la ciencia formal, o *conceptos formales*, carecen de referencia. Todos los conceptos que no son formales pueden llamarse *no-formales*. Muchos de ellos serán términos concretos o factuales, a saber, los que se entienden como dotados de correlato real, aunque resulte que no tienen contrapartida real. Así, “centauro” puede considerarse como un concepto concreto porque se destinaba a denotar una entidad concreta. Los conceptos no-formales se llaman frecuentemente *términos descriptivos*, lo cual

sugiere que todo lo que no es formal es descriptivo. Pero como hay otras clases de conceptos —interpretativos, normativos, etc.—, no adoptaremos esa terminología. Por otra parte, el uso de ‘*término descriptivo*’ en vez de ‘*concepto no-formal*’ supone la aceptación de una filosofía nominalista en la cual no hay conceptos ni proposiciones, sino sólo términos y sentencias. No podemos aceptar esa filosofía, porque necesitamos la distinción entre las ideas y sus expresiones lingüísticas (por ejemplo, entre las teorías científicas y sus correspondientes lenguajes), y porque tenemos que respetar el hecho de que todo cambio científico profundo supone no sólo la introducción de nuevos símbolos, sino también la *reinterpretación* de símbolos viejos, proceso en el cual ciertos signos ya existentes se destinan a designar conceptos nuevos, como ejemplifica el término ‘masa’ en el caso de la revolución newtoniana y el término ‘especie’ en el de la darwiniana.

¿Cómo podemos averiguar qué términos cuentan como términos que designan conceptos y cuáles son puramente retóricos? He aquí una regla simple para averiguar cuáles son los términos que designan conceptos: “En primer lugar, eliminar los ingredientes retóricos de las expresiones consideradas. Luego explicitar su estructura lógica. Por último, retirar los signos lógicamente completos”. Ejemplo: ‘Ciertamente, ninguno de los precursores de Newton construyó una mecánica racional’. Primer paso: eliminar ‘ciertamente’. Segundo paso: ‘Para todo x , si x es un precursor de c , entonces x no construye d ’. Tercer paso: ‘ $(x) [P(x,c) \rightarrow \neg C(x,d)]$ ’. Los conceptos (lógico-) formales supuestos por esa fórmula son: “universalidad”, designado por ‘ (x) ’, “condicional”, designado por ‘ $\rightarrow$ ’, y “negación”, designado por ‘ $\neg$ ’. Por tratarse de conceptos lógicos, son todos universales. Por otro lado, los conceptos no-formales (o extra-lógicos, o temáticos, o específicos) son: los conceptos individuales “Newton” y “mecánica racional”, así como las funciones de dos argumentos (relaciones diádicas) “precursor” y “construir”. (También habríamos podido explicitar el concepto de tiempo si hubiéramos querido realizar una traducción fiel del tiempo verbal.) El término ‘de’ en sus dos usos en la sentencia dada resulta ser tan superfluo desde el punto de vista lógico como el término ‘ciertamente’; además, hay lenguas en las que no existe.

La dicotomía de conceptos según el criterio formal no-formal atraviesa otras cuantas agrupaciones posibles. Especialmente útil es la que se expone en la tabla 2.6.

TABLA 2.6. CLASES DE CONCEPTOS

1	<i>Conceptos individuales</i> (“ c ”, “ x ”)	
2	<i>Conceptos de clases</i> (“cobre”, “viviente”)	
3	<i>Conceptos relacionales</i>	<i>Relaciones propiamente dichas</i> (“ $\in$ ”, “entre”)
		<i>No-comparativos</i> <i>Operadores</i> (“&”, “+”)
		<i>Comparativos</i> (“ $\leq$ ”, “más adaptado que”)
4	<i>Conceptos cuantitativos</i> (“población”, “longitud”).	

Los *conceptos individuales* se aplican a individuos, ya determinados (conceptos individuales específicos), ya indeterminados (conceptos individuales genéricos); “Newton” es un concepto individual definido, determinado o específico, mientras que “ x ” es un concepto individual indefinido, indeterminado o genérico (es decir, un concepto que denota un individuo cualquiera). La cuestión de qué es un individuo depende del nivel de análisis adoptado: un individuo de un determinado nivel puede ser un sistema o un mero agregado de individuos de nivel inferior. Así, por ejemplo, para algunos fines la mecánica racional se considerará como un individuo entre otras teorías individuales, y otras veces se tratará como un conjunto de fórmulas, por tanto, como un concepto de clase.

Los *conceptos de clases* se aplican a conjuntos de individuos, como en el caso de “cobre”, que se aplica al conjunto de todas las posibles muestras de cobre; o bien a conjuntos de conjuntos, como en el caso de “viviente”, que abraza a todas las especies biológicas. La estructura de los conceptos de clases es la de un predicado monádico (de un solo argumento), $P(x)$.

Los *conceptos relacionales* se aplican a relaciones entre objetos (individuos o conjuntos) de algún género; así, “multiplicado por dos”, se aplica a variables numéricas y a sus valores concretos. Los operadores son un género especial de relaciones, a saber, aquellas que dan otro miembro de un conjunto determinado: así, mientras que ‘ $A \subset B$ ’ simboliza la relación de inclusión de A en B , ‘ $A \cap B$ ’ representa la operación que produce la parte común de A y B . Las relaciones comparativas son aquellas que, como $\subseteq$, nos permiten ordenar conjuntos.

Todo concepto relacional tiene la estructura de un predicado poliádico, o múltiple-variable, $P(x, y)$ si es diádico, $P(x, y, z)$ si es triádico, etc. El número de huecos (lugares, argumentos o variables) de un predicado se llama su *grado*. Las relaciones más importantes son las diádicas (lógicamente: los predicados de segundo grado). Pueden caracterizarse por la posesión o ausencia de las siguientes propiedades formales. (i) *Conexividad* en un conjunto dado: si x e y son dos miembros cualesquiera de ese conjunto, entonces vale $P(x, y)$ o $P(y, x)$; por ejemplo, $\leq$ es conexa en el conjunto de los números reales, mientras que $\subset$ no es conexa en el conjunto de todos los conjuntos. (ii) *Univocidad*: cada elemento x está relacionado con un solo objeto y ; si vale también la recíproca, la relación es uno-a-uno, o biunívoca. “El doble de” es biunívoca; “el cuadrado de” es unívoca, pero no lo es su conversa, a saber, “raíz cuadrada de x ”, la cual proyecta todo número positivo sobre un par de números, $\sqrt{x}$ y $-\sqrt{x}$. (iii) *Simetría*: si $P(x, y)$, entonces $P(y, x)$; la fraternidad es una relación simétrica, a diferencia de la relación de progenitura. (iv) *Reflexividad*: $P(x, x)$, como en el caso de $\subseteq$. Y (v) *Transitividad*: si $P(x, y)$ y $P(y, z)$, entonces $P(x, z)$.

Una relación que relaciona los elementos de dos conjuntos (o sea, x con y) de un modo unívoco se llama *función*. Una función no tiene por qué ser biunívoca; basta con que sea unívoca. El conjunto de las x (el conjunto que es campo de variabilidad de x) se llama *dominio* de la relación (o de la función); el conjunto sobre el cual varía y se llama el *dominio converso de la relación*. Una función *refleja su dominio en su dominio converso*, de tal modo que cada elemento de su dominio tiene una sola imagen en su dominio converso o codominio (condición de univocidad); pero la función puede ser tal que varios individuos de su dominio queden reflejados por el mismo elemento del dominio converso. Las funciones se escriben frecuentemente en forma de ecuaciones, a saber: $y = f(x)$, que se lee ‘el

valor de f en x es igual a y' . En la fig. 2.1 se encuentra una representación intuitiva de una función. Primera advertencia: los miembros del dominio y del codominio de una función no tienen por qué ser objetos matemáticos. Segunda advertencia: en particular, el dominio puede coincidir con el codominio, como ocurre cuando se refleja un conjunto de números sobre sí mismo mediante una *función numérica* como " $y = ax$ ".

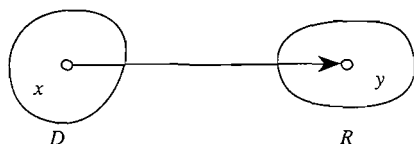


FIGURA 2.1 Una función f refleja su dominio D sobre su codominio R , y puede, por tanto, escribirse: ' $f: D \rightarrow R$ ' o ' $y = f(x)$ '

Las funciones son la estructura de conceptos cuantitativos, o *magnitudes*, también llamados cantidades. Por ejemplo, la temperatura es una función T que refleja el conjunto de los cuerpos (genéricamente representado por σ), sobre el conjunto de los números reales (genéricamente representados por t). La variable independiente de T es la variable *individual* o de *objeto*, σ , mientras que la variable dependiente es en este caso la *variable numérica* t . Por tratarse de una función, las dos variables que se presentan en la relación de temperatura pueden separarse del modo acostumbrado: " $T(\sigma) = t$ ", que se lee 'la temperatura de σ es igual a t '. La variable numérica t que se presenta en la función temperatura es igual al número de unidades de temperatura en una escala determinada, por ejemplo la de Kelvin. Cuando la escala y el sistema de unidades están fijados por el contexto, no necesitamos escribirlos explícitamente; en otro caso podrían indicarse mediante algún símbolo especial, por ejemplo, s . O sea:

$$T(\sigma, s) = t \quad [2.7]$$

Lo mismo puede decirse de la longitud, la duración, la fuerza, la concentración y todas las demás magnitudes: su estructura es la de una función de una o más variables —por lo menos, una variable individual o de objeto (cf. sección 2.3). Advertencia: hay que distinguir entre la función (relación) f y sus valores numéricos, y , o sea, el proceso de reflejo y la imagen reflejada.

El análisis lógico de los conceptos cuantitativos (magnitudes) como funciones o reflejos o proyecciones (biunívocas o unívocas) nos permite *distinguir entre una propiedad y sus valores numéricos*. Y esto, a su vez, nos permite manejar el concepto sin fijar números y, a la inversa, manejar números sin preocuparnos de las propiedades que miden. Así, por ejemplo, podemos hablar de peso sin precisar el valor de su variable numérica; o, a la inversa, podemos tratar directamente esta última, como cuando hacemos cálculos con pesos. El mismo análisis nos permite, además, darnos cuenta de que las fórmulas numéricas de las ciencias factuales, particularmente los enunciados de leyes cuantitativas, no contienen la *integridad* de los conceptos que intervienen en ellos, sino sólo sus variables numéricas: contienen los valores numéricos de las funciones, no las funciones mismas. Así, cuando simbolizamos la fórmula "Peso = Masa $\cdot$ Aceleración de la grave-

dad”, no escribimos íntegramente las tres magnitudes, sino sólo sus variables numéricas, p , m y g respectivamente. O sea: no escribimos ‘ $P = M \cdot G$ ’, sino ‘ $p = m \cdot g$ ’. Dicho de otro modo: lo que se multiplica son los *números* m y g , no los conceptos íntegros “ M ” y “ G ”: carecería de sentido someter entidades no-matemáticas a operaciones matemáticas, y por esta razón extraemos de los conceptos íntegros sus componentes matemáticos.

La anterior discusión de la estructura lógica de los conceptos se resume en la tabla 2.7.

TABLA 2.7. ESTRUCTURA LÓGICA DE LOS CONCEPTOS

<i>Tipo de concepto</i>	<i>Estructura lógica</i>
<i>Individual</i> Ejs.: Marte, Juan García	Constantes individuales (a , b , ...) y variables individuales (x , y , ...)
<i>De clase</i> Ejs.: Sólido, Hombre	Predicados monádicos P (constantes o variables) o las clases correspondientes: $C_1 = \{x \mid P(x)\}$
<i>De relación</i> Ejs.: Parte de, Entre	Predicados poliádicos (predicados de grado superior): $F(x, y)$, $F(x, y, z)$, ..., o las clases correspondientes: $C_2 = \{\langle x, y \rangle \mid F(x, y)\}$, $C_3 = \{\langle x, y, z \rangle \mid F(x, y, z)\}$.
<i>Cuantitativos</i> Ejs.: Numerosidad, Masa	Funtores numéricos: $F(x) = y$, $F(x, y) = z$, ...

Esos varios géneros de conceptos difieren en cuanto a fuerza lógica: a partir de los conceptos cuantitativos pueden obtenerse conceptos relacionales; estos últimos producen conceptos de clase, y éstos a su vez conceptos individuales: en cambio, el proceso inverso es imposible sin añadidos adecuados. Por ejemplo: a partir de una tabla de distancias respecto de un punto determinado podemos construir una secuencia ordenada respecto de la proximidad al punto en cuestión, o sea, una secuencia de enunciados de relación como “1 es el más próximo a 0”, “2 es el siguiente más próximo a 0”, etc. A partir de este concepto relacional de proximidad podemos obtener un concepto absoluto, o de clase, de proximidad, eligiendo convencionalmente un punto a partir del cual todos los que se encuentren a un lado se considerarán próximos. Por último, podemos obtener individuos mediante la intersección de clases.

Los conceptos individuales y de clase son pues, en cierto sentido, más pobres o más débiles que los conceptos relacionales o cuantitativos. Pero esto no significa que podamos prescindir de individuos y clases, aunque no sea más que por el hecho de que para construir relaciones hacen falta conceptos individuales o de clases. Así, por ejemplo, las relaciones se dan siempre entre individuos o entre clases, o entre individuos y clases. Y los conceptos cuantitativos suponen constantes o variables individuales, que son objeto de predicados. Considérese el enunciado “La edad de los planetas de nuestro sistema solar es de unos 5.000 millones de años”, enunciado que puede formularse así: “Para todo x , si

x es un planeta de nuestro sistema solar, entonces la edad de x en años es de unos 5 000 millones”. Este enunciado contiene una variable individual genérica (x), dos conceptos de clases (“planeta” y “nuestro sistema solar”), un concepto cuantitativo (“la edad de x en años es igual a y ”) y una constante individual inserta en este último (“5 000 millones”). Dicho brevemente: los conceptos más fuertes no nos permiten siempre prescindir de los más débiles: y pueden construirse a partir de éstos.

*Algunas relaciones pueden definirse en términos de clases. Por ejemplo, la relación “el cuadrado de”, en el conjunto de los números enteros positivos, pueden representarse como el conjunto infinito de pares ordenados $\hat{=}\{\langle 1, 1 \rangle, \langle 2, 4 \rangle, \langle 3, 9 \rangle, \dots\}$. Sin embargo, este método no puede extenderse a fracciones, ni menos aun a números reales. Más aún, el concepto de pertenencia, que es el núcleo de la teoría de conjuntos, no puede definirse como un conjunto de pares ordenados. Estas excepciones bastan para falsear la *tesis extensionalista*, de que todas las propiedades y relaciones son idénticas a sus extensiones o dominios. El nominalismo (o individualismo, o materialismo vulgar) es falso por la misma razón.

La representación de las relaciones como clases no supone su eliminación, sino sólo un *desplazamiento de la atención* que sitúa en primer término los rasgos formales de las relaciones, que es precisamente lo que se desea en la lógica y la matemática y lo que hay que evitar en la ciencia factual. Considérese, por ejemplo, un universo de juguete compuesto exactamente por tres objetos llamados a , b y c , y entre los cuales no se den más que dos relaciones: “más pesado que” y “más caliente que”, ocurriendo además que lo más pesado es lo más caliente. Aunque las dos relaciones son distintas, su representación por medio de la teoría de conjuntos es la misma, puesto que ambas producen los mismos pares ordenados de individuos. Así, si a es más pesado y más caliente que b , el cual es a su vez más pesado y más caliente que c , entonces las dos relaciones quedarán reflejadas por un único conjunto $H = \{\langle a, b \rangle, \langle b, c \rangle\}$, como era de esperar, puesto que la forma de las dos relaciones es la misma. La “reducción” de relaciones y otros conceptos a conceptos de clase (*extensionalización*) es una buena estrategia en la ciencia formal, porque permite que se despliegue la forma y se acentúe la abstracción. Pero, en cambio, predicar el extensionalismo en la ciencia factual sería impropio por la misma razón, a saber: porque en la ciencia factual el contenido es tan importante como la forma. Pero con esto estamos ya pisando terreno estudiado en la sección siguiente.*

Problemas

2.2.1. Identificar los conceptos usados en las proposiciones expresadas por las sentencias siguientes: (i) ‘El lucero del alba es un planeta’. (ii) ‘Todos los planetas giran en torno a una estrella al menos’. (iii) ‘Hay varios sistemas planetarios’.

2.2.2. Mencionar algún concepto de clase, concepto relacional y concepto cuantitativo que pertenezcan todos a la misma familia semántica, como los ejemplos (i) “fluido”, “más fluido que”, “fluidez”, y (ii) “pesado”, “más pesado que”, “peso”.

2.2.3. Simbolizar “ x está situado a y° de longitud Oeste y z° de latitud Norte”, y distinguir la variable individual y las numéricas.

2.2.4. Construir un predicado de tercer grado, o sea, un functor de tres argumentos, que subsuma las siguientes funciones proposicionales: "El cigoto x se desarrolla en el ambiente y ", " y es el medio del organismo z ", "El cigoto x se desarrolla en el organismo z ". Cf. J. H. Woodger, *Biology and Language*, Cambridge University Press, 1952, pp. 126-127.

2.2.5. Averiguar la estructura lógica del concepto de fuerza en la mecánica newtoniana. Tener en cuenta que las fuerzas se ejercen entre pares de cuerpos y que dependen del marco de referencia y, en general, del tiempo. Recuérdese además que, matemáticamente, una fuerza es un vector en un espacio tridimensional, y que un tal objeto es a su vez un triplo ordenado, o sea, $F = \langle F_1, F_2, F_3 \rangle$, siendo las F_i componentes de la fuerza.

2.2.6. (i) Definir el concepto de clase "novios" a base del concepto relacional de "compromiso". (ii) Formar el concepto de clase "rotación" a partir del concepto cuantitativo "rotación" ("rotación $\pm^\circ$ de x alrededor de y ").

2.2.7. De acuerdo con el uso tradicional, los conceptos son designata de los nombres y los adjetivos, y los términos no pueden expresarse sino en tales categorías gramaticales. ¿Es adecuada esa regla gramatical para identificar los conceptos?

2.2.8. Analizar la sentencia 'Juan García está en alguna parte' y decidir si 'Juan García' y 'alguna parte' designan conceptos. Para una discusión de nombres ambiguos, cf. P. Suppes, *Introduction to Logic*. Princeton, N. J., Van Nostrand, 1957, p. 81.

2.2.9. Discutir la afirmación de Frege según la cual la presencia del artículo determinado singular es siempre señal segura de referencia a un objeto, mientras que el artículo indeterminado acompaña siempre a una palabra que expresa un concepto. Cf. G. Frege, *The Foundations of Arithmetic* [*Grundlagen der Arithmetik*, 1884], Nueva York, Harper, 1960, sec. 51. *Problema en lugar del anterior*: Examinar el "cosismo" ("No existen más que cosas individuales") como posible justificación doctrinal del extensionalismo (anti-intensionalismo): Véase M. Bunge, *Sense and Reference*, pp. 118-120. Dordrecht, Reidel, 1974.

2.2.10. La lógica de los conceptos se llama a veces *lógica de términos*. ¿Qué justificación tiene esta expresión? ¿Sigue estando justificada si se establece la distinción clara entre categorías lingüísticas y categorías lógicas? El término 'concepto', por otra parte, está en desuso. ¿Es ésta una señal de decadencia del pensamiento conceptual, como ha sido dicho?

2.3. INTENSIÓN Y REFERENCIA

Todo concepto tiene una *intensión* o connotación, una *referencia* o denotación, y una *extensión* o dominio de aplicabilidad. La intención de "vida" es el conjunto de las propiedades que caracterizan a los seres vivos, o sea, el metabolismo, la autorregulación, la adaptabilidad, la reproductibilidad, etc. La referencial de "vida" es la colección de los seres vivos presentes, pasados y futuros; esta colección coincide en este caso con la extensión del concepto. La intención de "alma" está compuesta por los rasgos de inmateralidad, separabilidad del cuerpo, acción rectora sobre éste, etc. La clase de referencia de "alma" es el conjunto de todas las almas habidas y por haber; en cambio su extensión es, según la psicología fisiológica, el conjunto vacío, ya que no hay objeto real que responda a dicha descripción. Ningún concepto propiamente dicho carece de intención y referencia, pero un concepto puede ser genuino y tener una extensión vacía. En ciencia y

en tecnología, la *intensión* y la *referencia* de los conceptos se determinan por la investigación teórica (se postulan), en tanto que su extensión o dominio de validez se determina por la investigación de laboratorio o de campo.

La *intensión* $I(C)$ de un concepto C es, pues, e] conjunto de las propiedades y relaciones P_i subsumidas bajo el concepto, o que el concepto, por así decirlo, sintetiza. Brevemente:

$$I(C) = \{P_1, P_2, \dots, P_n, \dots\}, \quad [2.8]$$

fórmula que supone que las P_i son poseídas por los objetos que constituyen la referencia de C . Las P_i pueden ser formales o no formales, según que C sea formal o no formal. Así, en “número par” la paridad es un concepto asignado al concepto de número entero; no hay número par que no sea un concepto. (La clase de referencia de “par” es la clase de números enteros; su extensión es el subconjunto de los números pares.) En cambio, la propiedad de ser una unidad de materia viva se asigna al referente o correlato de “célula”, no al concepto de célula.

La *intensión* de los conceptos se comporta inversamente respecto de su extensión: cuantas más son las propiedades reunidas, tantos menos los individuos que las presentan. Dicho de otro modo: la *intensión* de los conceptos generales está incluida en —o es a lo sumo idéntica con— la *intensión* de los correspondientes conceptos específicos. Simbólicamente:

$$\text{Si } (x)(Ex \rightarrow Gx) \text{ entonces } I(G) \subseteq I(E), \quad [2.9]$$

Fórmula en la cual ‘ E ’ significa una especie, ‘ G ’ un género y ‘ $\subseteq$ ’ la relación de inclusión entre clases. La *diferencia intensional* entre el género y la especie (la *differentia specifica* escolástica), es, pues, la diferencia entre los anteriores conjuntos, o sea, el complemento de $I(G)$ en $I(E)$:

$$\textit{Differentia} (E, G) = I(E) - I(G) \quad [2.10]$$

Por ejemplo, si G = “triángulo”, y E = “triángulo rectángulo”, entonces *Differentia* (E, G) = “un ángulo es recto”.

Condición suficiente para la determinación inequívoca de la *intensión* de un concepto es que se disponga de una descripción o análisis completo del concepto o de su correlato. Supongamos, en efecto, que un C dado pueda describirse o analizarse exhaustivamente como compuesto por las propiedades $P_1, P_2, \dots, P_n$, de tal modo que podamos escribir la equivalencia:

Para todo x , x es un C si y sólo si x es un P_1 , y x es un P_2 , y ..., y x es un P_n ,

o más brevemente,

$$(x) [Cx \leftrightarrow P_1x \& P_2x \& \dots \& P_nx] \quad [2.11]$$

Es claro, entonces, que la intensión de C es el conjunto de todas las P_i . La existencia de una descripción completa es la única garantía de que hemos determinado totalmente la intensión de un concepto; pero no es absolutamente necesario que todo concepto tenga una intensión precisamente determinada.

Aunque la descripción completa de los seres individuales existentes, y hasta la de ciertas entidades construidas (señaladamente, los conjuntos infinitos) está más allá de las capacidades humanas, muchas veces es posible una determinación cuidadosa del conjunto de las *características* o propiedades peculiares (no necesariamente esenciales), por lo menos en la medida suficiente para asegurar una aplicación no ambigua del concepto. Supongamos que, partiendo de todas las propiedades que constituyen la intensión de C , se encuentra sólo un reducido número, m , de propiedades peculiares de C . O sea, supongamos que $P_1, P_2, \dots, P_m$ son necesarias y suficientes para una distinción inequívoca entre C y cualquier otro concepto. Llamemos *notas inequívocas* de C a esas peculiares propiedades que son esenciales para nuestro manejo de C , aunque acaso son inesenciales al correlato de C . Diremos que el conjunto de las *notas inequívocas* de C constituye el *núcleo intensional* de C :

$$I_{\text{núcleo}}(C) = \{P_1, P_2, \dots, P_m\} \quad [2.12]$$

Es claro que el núcleo intensional está incluido en la intensión total. $I_{\text{núcleo}}(C) \subset I(C)$, puesto que m es menor que n ($\leq \infty$), que es el número (indeterminado) de las propiedades efectivamente poseídas por el correlato de C . Así, por ejemplo, la mayoría de los zoólogos están de acuerdo en que el concepto de mamífero no tiene más que tres o cuatro notas inequívocas, todas las cuales son de carácter osteológico y se refieren al complejo maxilar-oido medio. Esto les hace considerar estas notas inequívocas como definidoras del concepto de clase “mamíferos”, aunque ninguna de ellas se refiere de un modo obvio a la posesión de glándulas mamarias, por no hablar ya de identidad con dicha propiedad.

La intensión nuclear de un concepto, constituida por sus notas inequívocas, es sin duda insuficiente para caracterizarlo completamente, pero suministra lo que podríamos llamar una *definición de trabajo* del concepto, la cual puede tener el siguiente aspecto:

$$(x) [Cx =_{\text{def}} P_1x \& P_2x \& \dots \& P_mx] \quad [2.13]$$

Recuérdese que las m propiedades definitorias pueden ser una pequeña parte de las que constituyen la intensión total (y acaso desconocida), y que pueden no ser en modo alguno esenciales: una definición de trabajo de un concepto no nos suministra la esencia de la referencia del concepto, sino que es un simple instrumento clasificatorio. Pero desde luego, cuanto menos superficiales o derivadas son las propiedades escogidas como notas inequívocas, tanto más profundo conocimiento recogerá la definición de trabajo, y tanto más natural será la clasificación de individuos llevada a cabo con su ayuda.

La intensión nuclear de un concepto, explicitada en una definición de trabajo o especificada de un modo menos claro, es necesaria pero no basta para determinar el dominio de aplicación, o extensión, del concepto considerado. La extensión de un concepto es el conjunto de todos los objetos, reales o irreales, a los que puede aplicarse el

concepto. La extensión de un concepto puede ser un conjunto infinito, como en el caso de “número natural”; o un conjunto finito, pero ilimitado, como en el caso de “organismo”, o un conjunto finito y limitado, como en el caso “país”. Incluso puede constar de un único miembro (por ejemplo, la extensión de “3” es 3), o de ninguno (por ejemplo, “vidente”). Designaremos la clase vacía (o nula, o conjunto vacío) por ‘ $\emptyset$ ’, y la clase universal por ‘ U ’.

La extensión $E(C)$ de un concepto de clase puede, pues, definirse así:

$$E(C) =_{df} \{x \mid C(x)\} \quad [2.14]$$

que puede leerse: ‘la extensión de C equivale por definición al conjunto de los objetos que satisfacen la condición $C(x)$, o que tienen la propiedad C ’. Dicho de otro modo: la extensión o denotación de C es el conjunto de los objetos con las propiedades que caracterizan a C , o, por lo menos, con las notas inequívocas de C . En el caso de conceptos que tienen correlato real, puede ser útil analizar ulteriormente la extensión en el conjunto $A(C)$, de los objetos actuales comprendidos en la extensión de C , y el conjunto $P(C)$, de los objetos posibles que satisfacen la función $C(x)$: $E(C) = A(C) \cup P(C)$. Por ejemplo, la extensión total de “hombre” está constituida por la población humana actual (incluidos nuestros enemigos) y el conjunto de todos los hombres pasados y futuros. La extensión actual de un concepto de clase se llama frecuentemente *colección*, *agregado* o *población*, mientras que la extensión total se llama generalmente *clase*; pero la terminología de estas cuestiones es aún vacilante.

Las anteriores consideraciones van a permitirnos introducir la noción de generalidad de conceptos. Diremos que un concepto C' es *más general* que otro concepto C , o que C está *subsumido bajo* C' si y sólo si la intensión de C' está incluida en la intensión de C , o la extensión de C está incluida en la extensión de C' , *Simbólicamente:

$$C' > C \leftrightarrow [I(C') \subset I(C)] \vee [E(C) \subseteq E(C')] \quad [2.15]$$

Además:

$$[I(C') \subset I(C)] \rightarrow [E(C) \subseteq E(C')] \quad [2.16]$$

y

$$[I(C') = I(C)] \rightarrow [E(C) = E(C')] \quad [2.17]$$

El signo de igualdad en [2.17] vale para pares de conceptos como “animal racional” y “animal racional social”, que se consideran con la misma extensión, aunque el primero es más general que el segundo. El recíproco de [2.17] no es verdadero: por ejemplo, “fantasma” y “aparecido” tienen la misma extensión –a saber, el conjunto vacío–, pero diferentes intensiones, como es obvio. Esto sugiere que la significación y el sentido de un concepto no están determinados sólo por su extensión.

Lo dicho puede generalizarse para conceptos relacionales y cuantitativos, o sea, para conceptos cuya estructura es la de un predicado poliádico.

Por ejemplo, la *extensión* del predicado diádico $C(x, y)$ puede definirse como el conjunto de los pares ordenados de sus argumentos, o sea:

$$E(C) =_{\text{df}} \{ \langle x, y \rangle \mid C(x, y) \} \quad [2.18]$$

Éste es el conjunto de todos los pares posibles compuestos por un valor de la variable x y otro valor de la variable y . La generalización de estas nociones para predicados de órdenes superiores es inmediata.

*Ahora podemos considerar más detenidamente la forma y el contenido de las *magnitudes*. Vimos en la sección 2.2 que la temperatura de un cuerpo σ , expresada en una escala s , puede analizarse así:

$$T(\sigma, s) = t \quad [2.19]$$

siendo t un número real. Dicho de otro modo, T es una *función* de pares ordenados cuerpo-escala a números reales:

$$T : C \times S \rightarrow R \quad [2.20]$$

donde C designa la colección de cuerpos, S la de escalas de temperatura, y R la recta real. $C \times S$ es el *producto cartesiano* de C por S , o sea, el conjunto de todos los pares ordenados posibles de la forma $\langle c, s \rangle$, donde c designa un cuerpo y s una escala. La intensión de T está determinada por la termodinámica. En cambio, la clase de referencia de T es la colección de todos los cuerpos conocidos y desconocidos. Y la extensión de T se limita a los cuerpos conocidos: aquellos a los que sabemos que se aplica el concepto T . De modo que, mientras la clase de referencia de T es fija (o sea, es un conjunto propiamente dicho), su extensión es una colección abierta, que presumiblemente se amplía a medida que se descubren nuevos cuerpos.

En general, una magnitud M puede analizarse como una función del producto cartesiano de n colecciones $A, B, \dots, N$, por lo menos una de las cuales está formada por cosas materiales, a un conjunto R_0 de números incluido en la recta real R . O sea, en general se tendrá

$$M : A \times B \times \dots \times N \rightarrow R_0 \quad [2.21]$$

Así, por ejemplo, el dominio de la función masa M_C en física clásica es el producto cartesiano del conjunto C de cuerpos por el conjunto U_M de unidades de masa, mientras que el dominio de la función masa M_r en física relativista es el producto cartesiano del conjunto C por el conjunto F de marcos de referencia y el conjunto U_M . Dicho brevemente,

$$M_C : C \times U_M \rightarrow R^+, \quad M_r : C \times F \times U_M \rightarrow R^+, \quad [2.22]$$

siendo R^+ el conjunto de los números reales positivos. El concepto relativista de masa es, pues, más general que el correspondiente concepto clásico. Pero ambos se refieren parcialmente a cuerpos, de modo que son comparables, no “incomensurables” como se sostiene a veces.

Cuando decimos que la masa clásica del cuerpo a , expresada en gramos, es igual al número m , esta proposición se refiere al cuerpo a , al gramo, y al número m . Dicho de otro modo, la clase de referencia del concepto M_c está formada por la totalidad C de los cuerpos, la totalidad U_M de las unidades de masa, y la semirrecta real positiva R^+ . De estos tres conjuntos sólo C está compuesto por cosas materiales: tanto las unidades de masa como los números son conceptos. Diremos que la *referencia total* de M_c es $C \cup U_M \cup R^+$, en tanto que la *referencia fáctica* de M_c es C , y la de M_r es $C \cup F$, donde ' $\cup$ ' designa la unión o suma lógica de conjuntos. En el caso general de una magnitud M con dominio $A \times B \times \dots \times N$, convendremos en que su clase de referencia total es la unión de todos los conjuntos que figuran en la función, en tanto que su *clase de referencia fáctica* es la unión de los conjuntos de cosas materiales que figuran en su dominio. En suma,

$$R(M) = A \cup B \cup \dots \cup N \cup R, \quad R_f(M) \subset R(M). \quad [2.23]$$

Consideremos por ejemplo el concepto de duración o lapso de tiempo entre dos acontecimientos puntuales e y e' , respecto de un marco de referencia f , y expresado en una escala temporal s . Tal duración será un número t , que puede tratarse como el valor de una función D en el "punto" $\langle e, e', f, s \rangle$. En otras palabras, el concepto de duración es una función de la forma

$$D : E \times E \times F \times S_D \rightarrow R^+, \quad [2.24]$$

donde E es el conjunto de todos los acontecimientos puntuales, F el de todos los marcos de referencia y S_D el de todas las escalas de tiempo. La referencia fáctica de D es $E \cup E \cup F = E \cup F$.

La forma de una magnitud depende del contexto (por ejemplo, teoría) en que se presenta. Así, como hemos visto, en mecánica clásica la masa depende exclusivamente del cuerpo de que se trata (el referente), mientras que en mecánica relativista depende también del marco de referencia. (Otro tanto ocurre con las distancias, intensidades de campo, temperaturas, etc.) Lo mismo vale para la intensidad: también ésta depende de la teoría que alberga al concepto en cuestión. En particular, el contenido de un concepto científico está determinado por los enunciados de ley en que figura, y a su vez tales fórmulas legales son constituyentes de teorías fácticas. Por ejemplo, el concepto relativista de masa está determinado por algunos enunciados de ley similares a los enunciados clásicos correspondientes, así como por otros (por ejemplo, " $m = E/c^2$ ") carentes de correlato clásico. En resolución, el significado de un concepto científico es contextual y, más precisamente, depende de la función que desempeña en una teoría. Sólo ésta podrá decidir cuál es la intensidad y cuál la referencia del concepto. (En cambio, sólo la experiencia podrá decidir cuál es la extensión o dominio de validez del concepto. En particular, podrá ocurrir que el concepto, aunque dotado de un significado preciso, tenga una extensión vacía.)

Estipularemos que, en general, el significado de un concepto está dado por su intensidad y su referencia en un pie de igualdad. Más precisamente, definiremos el *significado* del concepto C como el par ordenado: intensidad de C -referencia de C . Brevemente,

$$\text{Sig}(C) =_{\text{df}} \langle I(C), R(C) \rangle. \quad [2.25]$$

Si se prefiere: si el signo s designa al concepto C , entonces la *significación* de s es igual al significado de C . O, más brevemente:

$$\text{Si } s \text{ Des } C, \text{ entonces } \text{Signif}(s) =_{\text{df}} \langle I(C), R(C) \rangle \quad [2.26]$$

En las ciencias se maneja frecuentemente lo que puede llamarse la *intensión nuclear* $I_n(C)$ de un concepto, determinado por sus notas inequívocas, según la fórmula [2.13]. Análogamente, a menudo se considera un subconjunto $R_n(C)$ de la referencia $R(C)$ de C , a saber, el dominio fáctico ya explorado, dejándose el resto para investigación futura. Esto sugiere introducir el concepto de *significado nuclear* como subconcepto de [2.26]:

$$\text{Sig}_n(C) =_{\text{df}} \langle I_n(C), R_n(C) \rangle. \quad [2.27]$$

Como dos pares ordenados son idénticos si y sólo si los miembros correspondientes lo son, dos signos, s y s' , tendrán la misma significación –serán *sinónimos*– en un contexto dado si y sólo si designan conceptos de la misma intensión y la misma referencia:

$$s \text{ Sin } s' =_{\text{df}} [s \text{ Des } C \ \& \ s' \text{ Des } C' \rightarrow I(C) = I(C') \ \& \ R(C) = R(C')] \quad [2.28]$$

(Obviamente, sólo un conocimiento de las intensiones y referencias completas permitirá decidir si se trata de signos con significaciones idénticas o simplemente parecidas.)

Si dos signos designan conceptos de la misma referencia, pero intensiones diferentes, o a la inversa, entonces tienen significaciones distintas. Por ejemplo, en geometría euclídea, las expresiones ‘triángulo equiángulo’ y ‘triángulo equilátero’ tienen la misma referencia e incluso la misma extensión; o sea, lo que vale para el primero vale para el segundo y viceversa. En efecto, la igualdad extensional de los conceptos en cuestión se sigue del teorema según el cual todos los triángulos equiángulos son equiláteros, y recíprocamente. Ésta es una equivalencia de la forma “ $(x)(Ax \leftrightarrow Lx)$ ”.

Los predicados “ A ” y “ L ” no son idénticos y, por lo tanto, el teorema no es una tautología sino que tiene un contenido geométrico preciso. En resolución, la extensión de un concepto no agota su significado.

La anterior discusión, con sus resultados, sintetiza dos doctrinas de la significación: la doctrina *extensionalista*, según la cual la significación de un concepto es idéntica con su extensión, y la doctrina *intensionalista*, según la cual la significación de un concepto es idéntica con su intensión. Como la extensión (o, mejor, la referencia) y la intensión son dos aspectos complementarios, el extensionalismo y el intensionalismo son doctrinas unilaterales. El extensionalismo es legítimo en la ciencia formal, en la cual ha sido una ayuda considerable en la tarea de basar toda la matemática en la teoría de conjuntos, la cual pone en primer término el punto de vista de la extensión. En la ciencia formal pueden construirse arbitrariamente conjuntos de individuos, de subconjuntos, de pares, etc., sin tener en cuenta la naturaleza de los individuos miembros de esos conjuntos, pares, etc.

La posesión de propiedades comunes, aparte de la mera propiedad de pertenecer al conjunto dado, es lo que da a un conjunto la unidad que pueda tener, y lo que justifica que se le considere una *clase*. Pero el matemático y el lógico no prestan atención alguna a la unidad que diferencia a una clase natural o a cualquier otra agrupación objetiva de un conjunto arbitrario. En cambio, el estudioso de semántica y el cultivador de una ciencia factual no pueden permitirse ignorar las intensiones: no sólo es poco frecuente que manejen caracterizaciones extensionales o denotativas de clases, sino que siempre aspiran a caracterizar una clase por sus propiedades, o sea, intencionalmente, y a hallar alguna muestra objetiva de ella. Para semánticos y científicos, las referencias y las intensiones van siempre juntas.*

Vamos a aplicar ahora lo que hemos aprendido acerca de la lógica de los conceptos a la metodología de los mismos. Lo haremos examinando la operación conceptual más elemental que se realiza en la ciencia, a saber, la clasificación.

Problemas

2.3.1. Determinar la intensión de “número primo”. Teniendo en cuenta que los números primos pueden construirse a voluntad, pero que no existe fórmula conocida alguna que dé el n -ésimo número primo (o sea, que no existe ninguna función computable de la forma “ n -ésimo primo = función de n ” que sea conocida), ¿cómo podría caracterizarse la extensión de este concepto? *Problema en lugar del anterior*: Reformular [2.10] con la ayuda de la definición: $A - B = A \cap \bar{B}$. Calcular la suma booleana de $I(E)$ e $I(G)$, recordando que $A + B =_{df} (A - B) \cup (B - A)$, y que $I(G) - \bar{I(E)} = \emptyset$.

2.3.2. Discutir el siguiente texto de Frege, tomado de *The Foundations of Arithmetic* [1884 alemán], Nueva York, Harper, 1960, sec. 53: “Al hablar de propiedades que se afirman de un concepto no pienso, naturalmente, en las características que constituyen ese concepto. Estas últimas son propiedades de las cosas que caen bajo el concepto, no propiedades del concepto. Así, ‘rectangular’ no es una propiedad del concepto ‘triángulo rectángulo’; pero la proposición según la cual no existe ningún triángulo rectilíneo rectángulo y equilátero afirma una propiedad del concepto ‘triángulo rectilíneo rectángulo y equilátero’; pues asigna a ese concepto el número cero.” *Problema en lugar de ése*: Distinguir entre la interpretación extensional y la intensional de ‘especie’, y hallar si el biólogo puede prescindir de una de las dos.

2.3.3. ¿Cómo determinar lo que “es” un estudiante de Oxford, es decir, la denotación y la connotación del concepto “estudiante de Oxford”? *Problema en lugar de ése*: ¿Determina (“define”, suele decir en su jerga) el biólogo una especie por la mera enumeración de sus miembros, sin tener en cuenta intensiones—como afirmaría el filósofo nominalista? Indicación: recuérdese cómo se determina la pertenencia de un individuo a una especie.

2.3.4. Determinar la connotación y la referencia de “distancia” en un espacio unidimensional, como la línea recta. *Problema en lugar del anterior*: Comparar los conceptos de circunferencia y de elipse. ¿Cuál es más general? ¿Cuál es más rico?

2.3.5. Determinar la connotación y la referencia de “estado mental”. *Problema en lugar de ése*: En la fórmula

$$d(P, P') = [(x - x')^2 + (y - y')^2] / 2,$$

que da la distancia entre dos puntos cualesquiera, P y P' , en el plano euclidiano, ¿qué es la connotación y qué son las extensiones?

2.3.6. (i) Examinar los conceptos de intensión nuclear y de definición de trabajo a la luz de la doctrina aristotélica del concepto. (ii) Relacionar el concepto de definición de trabajo con el de clase definida. *Problema en lugar del anterior*: En el sistema aristotélico son coextensivos los conceptos “eterno”, “necesario” y “perfecto”, que no lo son en otros sistemas. Explicitar el carácter contextual de la extensión y la intensión; relativizar las fórmulas de esta sección desde el punto de vista de un posible sistema constituido por ellas.

2.3.7. En la ciencia contemporánea, la extensión del concepto “fuerza vital” es vacía. ¿Basta esto para condenar al concepto de fuerza vital por ser un sinsentido, o más bien para considerarlo como concepto sin función?

2.3.8. La fórmula de Einstein “ $E = mc^2$ ” se considera a veces como significativa de que la “masa” y la “energía” tienen la misma extensión y prácticamente la misma intensión, simplemente porque los dos conceptos se encuentran vinculados de un modo invariable por dicho enunciado legaliforme. ¿Es correcta esa interpretación? Indicación: empezar por identificar la(s) variable(s) individual(es) y hallar una clase de sistemas con energía y sin masa.

2.3.9. Dar una explicación extensional de la intensión por interpretación de los predicados de [2.8] como clases. Hallar el límite de esta interpretación de la intensión como una clase de clases. *Problema en lugar del anterior*: Hallar el alcance del principio de extensionalidad, según el cual “Si dos predicados tienen la misma extensión son idénticos”; o, hablando de clases, “Dos clases son idénticas en el caso, y sólo en el caso, de que tengan los mismos miembros”. Este axioma es esencial para la teoría de conjuntos. ¿Se aplica a las clases naturales, tales como las especies biológicas?

2.3.10. La escuela hermenéutica o interpretivista en estudios sociales, de W. Dilthey a C. Geertz, sostiene que las acciones humanas tienen significados, de modo que la tarea del estudioso es “interpretarlas” a la manera en que se interpretan textos. Examinar esta opinión y averiguar si los “significados” atribuidos a las acciones son otra cosa que metas, de modo que las “interpretaciones” no son sino hipótesis más o menos justificadas. V. C. Geertz, *The Interpretation of Cultures* (Nueva York, Basic Books, 1973) y M. Bunge, *Finding Philosophy in Social Science* (New Haven CT, Yale University Press, 1996) [*Buscar la filosofía en las ciencias sociales*, México, Siglo XXI, 1999].

2.4. DIVISIÓN, ORDENACIÓN Y SISTEMÁTICA

Hasta el momento hemos tratado los conceptos desde un punto de vista lógico; ahora vamos a considerarlos teniendo en cuenta sus funciones metodológicas. Desde este punto de vista metodológico, los conceptos son instrumentos utilizados para distinguir entidades y agruparlas; ellos nos permiten realizar análisis y síntesis conceptuales y empíricas. En particular, los conceptos individuales nos sirven para distinguir entre individuos, y los conceptos de clases para establecer clasificaciones. Algunos conceptos relacionales posibilitan la comparación y la ordenación, y los conceptos cuantitativos son el núcleo conceptual de la medición.

Los conceptos individuales determinados tienen una gran capacidad resolutoria, discriminatoria, pero no tienen ninguna de síntesis o sistematización. Los conceptos individuales genéricos (las variables individuales) no tienen ningún poder resolutorio, puesto

que denotan individuos no descritos, de algún género, pero, por otro lado, son la razón de la generalización o síntesis; la sustitución de constantes específicas por variables señala precisamente el comienzo de la generalización. Los conceptos de clases permiten a la vez la síntesis y la discriminación entre conjuntos. Los conceptos relacionales nos permiten hacer distinciones aún más finas y establecer vínculos entre conceptos. Por último, los conceptos cuantitativos nos llevan a las discriminaciones más sutiles y exactas, y, cuando se combinan entre ellos en enunciados legaliformes, permiten obtener la sistematización más firme y clara de las ideas. No puede, pues, asombrar el que el trabajo conceptual de la ciencia factual empiece con variables y clases y culmine con las magnitudes.

La clasificación es el modo más simple de *discriminar* simultáneamente los elementos de un conjunto y de *agruparlos* en subconjuntos, o sea, el modo más simple de analizar y sintetizar. Lo clasificado se llama *universo* o *dominio del discurso*, o '*U*', por abreviar. El universo del discurso puede ser cualquier conjunto: una clase de individuos o una clase de conjuntos; puede ser discreto (numerable) o continuo (no numerable), compuesto de cosas (por ejemplo, una población de organismos), de hechos (por ejemplo, nacimientos), de propiedades (por ejemplo, longitudes de onda), o de ideas (por ejemplo, números). El tipo de la clasificación dependerá del objetivo (gnoseológico o práctico) y de las relaciones existentes entre los miembros y subconjuntos del conjunto dado (*U*). Pero algunos principios de clasificación son de naturaleza lógica, esto es, independientes del objetivo y del tema. Éstos son, por tanto, los que debemos estudiar en primer lugar.

Uno de los principios de la clasificación correcta dice que los caracteres o propiedades elegidos para llevar a cabo la agrupación deben mantenerse a lo largo de todo el trabajo: por ejemplo, el paso de caracteres esqueléticos a caracteres fisiológicos en la clasificación de los vertebrados producirá no sólo clases distintas, sino incluso distintos sistemas de clases, es decir, otras clasificaciones. Otra regla de la clasificación correcta es que los conjuntos de un mismo rango jerárquico (por ejemplo, especies biológicas) deben ser exhaustivos y disyuntos dos a dos, o sea, deben cubrir, juntos, el campo entero, y no deben tener ningún miembro en común; esta regla requiere una modificación en el caso de la taxonomía evolucionista (cf. sección 3.1). Una tercera regla no es lógica, sino metodológica, a saber, que las varias clasificaciones de un mismo universo del discurso deben coincidir (por lo que hace a extensión), si es que deben ser agrupaciones naturales, no artificiales. Estas tres reglas se violan con mucha frecuencia, ya a causa de descuidos lógicos, ya a causa de dificultades reales como son las planteadas por los casos limítrofes.

La forma más elemental de clasificación es la *división*: consiste en distribuir los elementos del universo del discurso entre cierto número de clases o casilleros, disyuntos dos a dos, y que no se encuentran en relación sistemática entre ellas. La división más simple es, naturalmente, la *dicotomía*: es tan sencilla que por regla general se presenta en el primer estadio de un análisis. Basta un concepto para sugerir una dicotomía. Así, por ejemplo, el concepto "comestible" sugerirá por sí mismo una división dicotómica de todos los seres vivos (universo del discurso *U*) en comestibles (*A*) y no-comestibles (no-*A*, o $\bar{A}$, el complemento de *A* en *U*):

$$\mathcal{A} = \{x \mid \mathcal{A}(x)\}; \bar{\mathcal{A}} = \{x \mid \neg \mathcal{A}(x)\}; U = \mathcal{A} \cup \bar{\mathcal{A}}; \mathcal{A} \cap \bar{\mathcal{A}} = \emptyset$$

$\emptyset$ designa el conjunto vacío. Tal fue probablemente la primera clasificación de los organismos, una clasificación atendiendo a su uso más primitivo. Luego se desarrollaron clasificaciones algo más sutiles –más finas y, al mismo tiempo, menos antropocéntricas–, como la división por hábitos, a saber, la división en organismos acuáticos, anfibios, terrestres y aéreos; se trataba de una tetracotomía:

Acuáticos	Anfibios	Terrestres	Aéreos
-----------	----------	------------	--------

$$\mathcal{A}_1 \cup \mathcal{A}_2 \cup \mathcal{A}_3 \cup \mathcal{A}_4 = U, \quad \mathcal{A}_i \cap \mathcal{A}_j = \emptyset, \text{ con } i \neq j$$

En esa primitiva clasificación ecológica puede verse un comienzo de ordenación; pero, en sustancia, los grupos son copresentes sin relaciones lógicas entre los correspondientes conceptos, y el orden es extrínseco (geográfico) más que intrínseco (biológico).

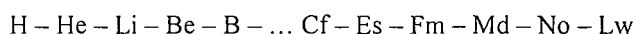
Después de la división viene inmediatamente, en orden de complejidad creciente, la *ordenación* del universo dado por medio de alguna relación asimétrica y transitiva que exista entre dos miembros cualesquiera del conjunto. Tomemos, por ejemplo, la ordenación de los elementos químicos; esa ordenación se realiza teniendo en cuenta el número atómico que caracteriza a cada elemento. El problema de la ordenación de los 103 elementos conocidos puede resumirse del modo siguiente:

Universo del discurso = conjunto de los elementos químicos.

Respecto o propiedad elegidos = el número atómico.

Relación ordenadora: el functor aritmético “ $\leq$ ”.

La solución del problema es la *ordenación lineal*, estrictamente simple:



(Esta secuencia de símbolos, de aspecto tan sencillo, es resultado de un trabajo experimental y teórico increíblemente complicado, porque los números atómicos no son precisamente propiedades fenoménicas superficiales.)

La anterior ordenación de los elementos químicos es correcta, pero no nos ilustra aún demasiado acerca de su universo del discurso: no dice nada acerca de las agrupaciones naturales de los elementos. El desiderátum de la formación de grupos en la ciencia pura –a diferencia de lo que ocurre en la ciencia aplicada– no es la ordenación o división más sencilla y más discriminatoria (más analítica), sino una disposición que combine a la vez un *gran poder resolutorio* con la mayor conexión o *sistematicidad* posible, tendente a representar la conexión objetiva (si la hay) de los miembros del conjunto. Este desiderátum no se consigue, en el caso de los elementos químicos (ni tampoco, por lo demás, en el de las especies biológicas), con el mero encasillamiento de la división ni con la ordenación en cadena (lineal). En el caso de la química se obtiene una solución mediante una disposición bidimensional en la cual el orden lineal basado en el número atómico se com-

bina con una división respecto de la valencia y otras propiedades químicas relacionadas con ella. Se trata, naturalmente, del *sistema periódico* de Mendeleiev, una clasificación sistemática de especies atómicas, los miembros de la cual son clases constituidas en clases más amplias (grupos o periodos) de propiedades químicas análogas, de tal modo que cada cual es un género *natural*. Así, por ejemplo, todos los gases “inertes” están situados en una sola columna (grupo), y grupos de elementos de propiedades semejantes recurren según un periodo de ocho.

Las agrupaciones científicas más profundas –y, por tanto, más fecundas– no son ni divisiones ni ordenaciones, sino lo que llamaremos *clasificaciones sistemáticas*, en las cuales las clases están vinculadas por una o más *relaciones* que denotan relaciones reales. Una clasificación sistemática no es un mero encasillamiento ni una mera asignación de lugar y nombre (un catálogo), como la mítica agrupación de los animales por Noé: es el resultado de una operación por la cual se relacionan conceptos –y sus referencias, si las tienen– unos con otros, de tal modo que resulte una conexión o un sistema de algún tipo. Y la mejor clasificación sistemática es la que consigue la agrupación más *natural*, menos arbitraria, menos subjetiva.

El tipo de clasificación sistemática mejor conocido es el de la biología, en el cual cada grupo grande (categoría o jerarquía taxonómica) se divide en grupos subordinados, cada uno de los cuales se subdivide a su vez, y así sucesivamente hasta que se llega a un conjunto ya no constituido por subconjuntos, sino por poblaciones concretas o por individuos. La jerarquía linneana es, en zoología, esencialmente como sigue:

Reino (p. ej., Animalia)	T_7
Phylum (p. ej., Chordata)	T_6
Clase (p. ej., Mammalia)	T_5
Orden (p. ej., Primates)	T_4
Familia (p. ej., Hominidae)	T_3
Género (p. ej., <i>Homo</i>)	T_2
Especie (p. ej., <i>H. Sapiens</i>)	T_1

Sistemas taxonómicos más recientes contienen subdivisiones más finas. La relación que media entre los varios rangos o niveles es la inclusión entre clases, $\subseteq$, que connota inclusión propiamente dicha ($\subset$) o identidad ($=$). Entre la mayoría de los niveles hay una relación de inclusión propiamente dicha. Pero, en algunos casos, un género o algún otro taxon se considera constituido por una sola especie (o la correspondiente categoría inferior); en estos casos vale la relación de identidad: Especie = Género. (Pero éste es un punto discutido.) Dicho brevemente: los principales grupos taxonómicos de la clasificación linneana están relacionados del modo siguiente:

$$T_1 \subseteq T_2 \subseteq T_3 \subseteq T_4 \subseteq T_5 \subseteq T_6 \subseteq T_7$$

La relación ordenadora $\subseteq$ tiene las siguientes propiedades, que vimos en la sección 2.2: (i) Es no-simétrica, o sea: si $A \subseteq B$, entonces – ($B \subseteq A$). (ii) Es *reflexiva*: $A \subseteq A$, mientras que la relación de inclusión propiamente dicha, $\subset$, es irreflexiva: – ($A \subset A$). (iii) Es

transitiva: si $A \subseteq B$ y $B \subseteq C$, entonces $A \subseteq C$. Relaciones como $\subseteq$, que son no-simétricas, reflexivas y transitivas, producen una *ordenación parcial*, del universo del discurso dado. Para obtener una *ordenación completa*, o simple, que dé de sí una cadena, hace falta una relación asimétrica, irreflexiva y transitiva, como la de inclusión propiamente dicha.

*Muchas categorías son compuestas: así, un phylum dado puede contener sub-phyla, y corrientemente contiene varias clases; a su vez, una clase dada se divide en varios órdenes, etc. Esto significa que un nivel taxonómico T_i se divide en casillas o taxa "horizontales", $T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{in}$. Así, si una categoría del orden género, T_2 , consta de tres especies, designaremos a éstas por T_{11}, T_{12} y T_{13} , que serán conjuntos subordinados al conjunto T_1 . En general, para la categoría $(i-1)$ -ésima:

$$T_{i+1} = \bigcup_{j=1}^n T_{ij} \text{ (suma lógica de los conjuntos con } j \text{ de 1 a } n),$$

con la condición de que ninguno de esos grupos horizontales tenga miembros en común con otros, o sea:

$$\bigcap_{j=1}^n T_{ij} = \emptyset \text{ (producto lógico de los conjuntos con } j \text{ de 1 a } n).$$

La primera fórmula dice que la división es exhaustiva, y la segunda dice que las partes son disyuntas dos a dos, o recíprocamente excluyentes. (Hablabamos de casos límites en la sec. 3.1.)

Consideremos, por ejemplo, un universo del discurso U de la categoría orden, subdividido en dos familias, F_1 y F_2 , una de las cuales tiene tres géneros y otra dos (G_i), cada uno de los cuales contiene a su vez dos o tres especies (E_i). Una clasificación linneana del conjunto inicial consiste en el siguiente conjunto de ocho enunciados:

$$\begin{array}{l} F_1, F_2 \subset U \\ G_1, G_2, G_3 \subset F_1; \quad G_4, G_5 \subset F_2 \\ E_1, E_2 \subset G_1; E_3, E_4 \subset G_2; E_5, E_6, E_7 \subset G_3; E_8, E_9 \subset G_4; E_{10}, E_{11}, E_{12} \subset G_5. \end{array}$$

Hay útiles expedientes para exponer gráficamente una *jerarquía* de ese tipo, como los diagramas de *Euler-Venn*, muy conocidos por la teoría de conjuntos, y los *árboles* corrientemente usados en la teoría de grafos. (Cf. figs. 2.2 y 2.3.) Se trata de representaciones visuales y equivalentes de una misma red de relaciones lógicas; son lógicamente equivalentes. Además, lo que ponen de manifiesto son relaciones puramente *lógicas* entre conjuntos; en particular, un diagrama de Euler-Venn no representa un conjunto de relaciones de parte a todo entre cosas, ni un árbol representa en este caso un árbol genealógico.

Observemos los principales rasgos formales y semánticos de una *jerarquía*, es decir, de un sistema taxonómico. (i) Toda jerarquía tiene un *comienzo* único, que en biología es la categoría taxonómica más alta tomada en consideración (en el anterior ejemplo es un género). (ii) La relación entre los miembros de diferentes categorías es generalmente de uno a muchos, *unívoca*. (iii) Los grupos separados del comienzo por un mismo número de pasos, aunque diverjan mucho unos de otros, pertenecen todos a la misma categoría o nivel de la jerarquía. (iv) Todas las categorías taxonómicas son *clases*.

FIGURA 2.2. Diagrama de Euler-Venn para el ejemplo del texto.

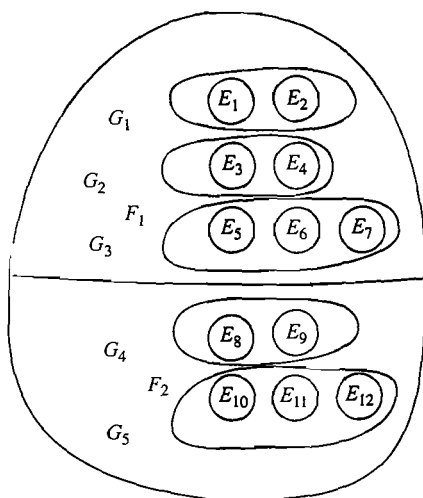
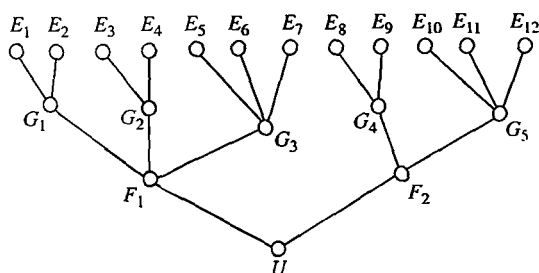


FIGURA 2.3. Diagrama de Hasse para el ejemplo del texto. Léase de abajo a arriba.



(La vieja controversia filosófica sobre la realidad o irrealdad de las clases debe renovarse a la luz del concepto de jerarquía. Es posible adoptar una posición conceptualista por lo que hace a clases del nivel de la especie y, al mismo tiempo, una posición seminominalista por lo que hace a las clases de todas las categorías superiores: una posición seminominalista más que plenamente nominalista, porque una clasificación natural reflejará conexiones reales, biológicas por ejemplo, entre tales categorías superiores, como veremos en la sección siguiente.)*

Así, pues, una clasificación sistemática consiste en la organización de un haz de conceptos, por ejemplo, taxa biológicos, en una jerarquía. Una jerarquía es mucho más que un catálogo, porque se basa en la subordinación o subsunción de conceptos: una jerarquía establece un *sistema*, no de proposiciones (no una teoría), sino de *conceptos*. En cada nivel de una jerarquía, los símbolos representan proposiciones; así, por ejemplo, ' $F_1, F_2 \subset U$ ' representa la conjunción " F_1 está incluida en U y F_2 está incluida en U ". Pero los símbolos del nivel siguiente de la jerarquía —por ejemplo, ' $G_1, G_2, G_3 \subset F_1$ '— representan proposiciones que no son lógicamente derivables (deducibles) de las anteriores: pues nuestro conocimiento no nos garantiza que sólo pueda haber tres géneros en esa familia, en vez de cuatro o cinco.

Así pues, un sistema taxonómico no es una teoría (un sistema de proposiciones), sino un *sistema de conceptos* y un conjunto de hipótesis asociado al mismo. Estas últimas se utilizan para establecer la clasificación, pero no se presentan en esta misma. Ejemplo de tales hipótesis es: “Cuanto más numerosos son los caracteres morfológicos comunes a dos especies, tanto más próximas son éstas”. Puede ocurrir que una teoría dé apoyo a un determinado sistema taxonómico, o sea, que una clasificación sistemática se construya con la ayuda y la justificación de una teoría biológica, como ocurre en el caso de la sistemática evolucionista o filogenética. Esto tiene que ver con el estatuto epistemológico y metodológico de un sistema taxonómico, y no con su estatuto lógico. Seguiremos considerando este tema en la sección siguiente.

Las jerarquías suponen agrupaciones, igual que la división. Pero, a diferencia de ésta, superponen una ordenación parcial a las unidades (conjuntos) que resultan de las divisiones, de tal modo que dichas unidades se coordinan de un modo preciso. Por eso es natural que los biólogos, a diferencia de los meros coleccionistas, prefieran hablar de *sistemática* que de *taxonomía*, que es mucho menos categórico y comprometedor.

Diferentes sistemas taxonómicos producen sistematizaciones más o menos densas: si las especies (químicas, biológicas, sociales, etc.) se relacionan unas con otras, no sólo por medio de relaciones lógicas (de teoría de conjuntos), sino, además, por relaciones concretas como “más pesado que”, “descendiente de” o “dependiente de”, se obtienen sistemas más densos y más profundos, como se verá más adelante.

Problemas

2.4.1. Exponer la clasificación de los primates dada por G. G. Simpson, “The Principles of Classification and Classification of Mammals”, *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 85, 1, 1945. *Problema en lugar del anterior*: Proponer una clasificación de los números o de algún otro conjunto.

2.4.2. Algunos eminentes biólogos, tales como E. Mayr, y conocidos filósofos, tales como D. Hull, opinan que las bioespecies no son colecciones de individuos sino individuos: sólo los géneros y demás taxones serían colecciones. ¿Es lógicamente sostenible esta opinión? Véase M. Mahner y M. Bunge, *Foundations of Biophilosophy* (Nueva York, Springer, 1997) [*Fundamentos de la biofilosofía*, México, Siglo XXI, 2000].

2.4.3. ¿Cuál es el motivo del difundido uso de las dicotomías en el conocimiento ordinario y en el científico? ¿Arraiga en la naturaleza de las cosas (por ejemplo, en que la realidad consista en conjuntos de cosas y propiedades contradictorias dos a dos), o se debe a la posibilidad de construir el dual de cualquier concepto por medio de la negación lógica (formación del complemento $\bar{A}$ de un conjunto A)? *Problema en lugar del anterior*: Toda la lógica elemental puede escribirse sin usar más que la negación y la disyunción. ¿Tiene eso algo que ver con la dicotomía?

2.4.4. Dado que el establecimiento de una clasificación requiere conceptos previamente disponibles (que pueden afinarse en el curso de elaboración de la clasificación), ¿es correcto considerar la clasificación como un procedimiento de *formación* de conceptos, o no es más bien la clasificación una ocasión de introducir y dilucidar (afinar) conceptos? *Problema en lugar del anterior*: La formación de conceptos, ¿es un problema para lógicos o para psicólogos?

2.4.5. ¿Es posible ordenar cualquier conjunto? *Problema en lugar del anterior*: ¿Puede admitir el nominalista que un perro sea *in re* un mamífero? Si no, ¿cómo debe interpretarse la frase ‘Los perros son mamíferos’?

2.4.6. Examinar los conceptos de cronología absoluta y relativa, tal como se utilizan, por ejemplo, en arqueología y prehistoria. *Problema en lugar de éste*: Supongamos conocidas N propiedades biológicas, y que deseamos clasificar organismos de acuerdo con sus propiedades. Supongamos además que esas N propiedades son (i) cualitativas (de presencia o ausencia), (ii) del mismo nivel (misma importancia), y (iii) reciprocamente independientes. ¿Cuántas especies diferentes son lógicamente posibles? Indicación: el número de organismos no tiene ninguna importancia.

2.4.7. Comentar la opinión según la cual el sistema periódico de los elementos no es más que “una colección de hechos hábilmente reunidos”. *Problema en lugar del anterior*: Efectuar particiones de un conjunto dado de objetos por diversas relaciones de equivalencia, tales como la de contemporaneidad o la de poseer antecesores en común.

2.4.8. ¿Requiere la clasificación un conocimiento de las cualidades esenciales de los miembros del universo del discurso? *Problema en lugar del anterior*: ¿Son las especies descubiertas o inventadas? Cf. E. Mayr, “Concepts of Classification and Nomenclature in Higher Organisms and Microorganisms”, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 56, 391, 1952.

2.4.9. Puesto que no hay dos individuos de la misma especie biológica que sean idénticos desde todos los puntos de vista, ¿cómo deben determinarse los caracteres diagnósticos (notas inequívocas) de la especie: (i) imaginando *a priori* un tipo ideal (arquetipo), del cual los ejemplares existentes son copias más o menos imperfectas, como afirmaron los platonistas y los cultivadores alemanes de la *Naturphilosophie*, o (ii) por elección al azar, o (iii) averiguando las características (o valores más frecuentes) de la mayor población considerada, o (iv) buscando las diferencias específicas más constantes?

2.4.10. ¿Por qué es la clasificación de tanta mayor importancia en biología que en física? ¿Por qué los biólogos han subrayado indebidamente el planteamiento sistemático, con perjuicio de la búsqueda de leyes y de la construcción de teorías? Advertencia: la clasificación es de escasa importancia en ciencias aún menos progresadas que las biológicas, por ejemplo, en historia.

2.5. DE LA SISTEMÁTICA PRETEÓRICA A LA TEÓRICA

La clasificación y la ordenación pueden ser superficiales o profundas, antropocéntricas u objetivas, científicamente estériles o fecundas. Una clasificación u ordenación puede tener real valor práctico y ser superficial y antropocéntrica, como ocurre en la división de las hierbas en medicinales y no-medicinales; o bien puede ser superficial y etnocéntrica, como la división de los hombres en blancos y de color. La atención a un único carácter no dará lugar a una agrupación profunda y objetiva, a menos que el carácter escogido resulte ser esencial, o sea, una propiedad o relación que funde como tronco todo un grupo de caracteres derivados, como en parte ocurre con el número atómico en la sistemática de las especies químicas, o con el carácter de vivíparo en el caso de las especies zoológicas.

Dicho de otro modo: un haz de propiedades *interrelacionadas* dará una disposición más natural u objetiva que una o dos notas inequívocas, y las propiedades esenciales o troncales darán lugar a una comprensión más profunda que las notas fenoménicas (observables). Pues, en última instancia, el desiderátum de toda clasificación de conjuntos

de objetos concretos es, en la ciencia pura, una sistemática objetiva o *natural*, esto es, el descubrimiento y el despliegue de géneros naturales y de sus relaciones objetivas. Sólo en la tecnología —en la agronomía, por ejemplo— tienen valor las clasificaciones artificiales. Ahora bien, las propiedades están representadas por conceptos, y las interrelaciones de un conjunto de propiedades se representan por relaciones lógicas entre los conceptos correspondientes; estas relaciones entre conceptos se formulan en proposiciones que, a su vez, se organizan en cuerpos de teorías. Por tanto, toda sistemática natural tiene el apoyo de alguna teoría, que puede corregirla y enriquecerla.

La *sistemática biológica* basada en caracteres exosomáticos (externos, directamente observables) fue la primera clasificación *objetiva* de los organismos: era objetiva o natural en el sentido de que no dependía de nuestros deseos, necesidades, hábitos o caprichos, sino que se basaba en parecidos reales en determinados aspectos. Pero esta sistematización primitiva —llamada *sistemática alfa*— no es de entera confianza, y arroja poca luz sobre las interrelaciones biológicas de las especies. Así, por ejemplo, la misma forma de torpedos se encuentra en los peces y en los cetáceos; tienen alas los pájaros, los insectos y los murciélagos; etc. Los criterios de parecido externo son frecuentemente objetivos, pero no suelen ser lo suficientemente *profundos*; a menudo, aunque no siempre, indican la pertenencia a un mismo género natural. Por eso se ha llamado *artificial* a la vieja sistemática, diferenciándola de la nueva, que es filogenética. Pero ese nombre es injusto: una clasificación u ordenación propiamente artificial o nominalista es la utilizada al elegir notas artificialmente, como en la ordenación alfabética de un conjunto de personas, o en la de los compuestos químicos por el color. La *sistemática alfa* puede ser tan natural como la filogenética, puesto que las dos se basan en rasgos objetivos; la diferencia consiste en que la primera es mucho menos profunda que la segunda, y es menos profunda porque es *preteórica*.

Entre las hipótesis que subyacen a la *sistemática alfa* se encuentra la suposición de que cuanto más numerosos son los caracteres morfológicos externos comunes a dos especies, tanto más próximas o parecidas son éstas. Pero esta hipótesis no es verdadera más que en una primera aproximación. En realidad, grupos diferentes tienen a menudo prácticamente los mismos caracteres morfológicos, y, a la inversa, pueden encontrarse variaciones morfológicas en una misma especie; por tanto, la morfología por sí sola no es un criterio sólido de relación biológica. Por esta razón, la *sistemática* es hoy día tarea conjunta de especialistas en morfología, ecología, genética, fisiología, bioquímica, etc., y no ya una tarea de recolectores. En resolución: la clasificación propiamente dicha requiere ideas en la misma medida en que exige observación.

Lo raro no es que una hipótesis supuesta por la vieja *sistemática* haya resultado deficiente, sino el que valga en tan alto porcentaje de casos. La *teoría de la evolución* explica este hecho del modo siguiente: la semejanza de forma es una consecuencia de antepasados comunes o de procesos convergentes de adaptación a un medio común. La nueva biología no sólo mejora la antigua, sino que explica además los éxitos y los fracasos de ésta: lo puede hacer porque contiene teorías amplias, especialmente la teoría de la evolución por selección natural. (La explicación científica, como veremos en el capítulo 9, se realiza en el seno de teorías.) De acuerdo con la teoría de la evolución los caracteres morfológicos externos no son caracteres diagnósticos, *indicadores*, de mucha confianza: su-

gieren propiedades más profundas, pero no las garantizan; son manifestaciones, síntomas por tanto, desde un punto de vista metodológico, de afinidades en general imperceptibles, pero deducibles, de tipo filogenético, fisiológico, bioquímico, ecológico, etc. (Sobre indicadores cf. sec. 12.3.) El grado de parentesco es, en la teoría de la evolución, el determinante principal de la proximidad sistemática de los grupos biológicos: la semejanza es una consecuencia —y por tanto un indicador— del parentesco.

Desde un punto de vista metodológico, la situación puede exponerse así: la primera operación del sistemático clásico y del sistemático evolucionista es la *identificación* de los individuos, esto es, el establecimiento de relaciones de la forma " $x \in E$ ". Pero mientras que el antiguo sistemático se fijaba en notas externas, el sistemático filogenetista toma en cuenta, además, otros caracteres, entre los cuales establece un orden jerárquico. (La identificación de individuos equivale a *agruparlos* en especies o subespecies sobre la base de la relación simétrica de semejanza en algunos aspectos. Pero la semejanza, en el sentido en que la determina el sistemático contemporáneo, es más profunda que el mero parecido externo a que atendía el sistemático clásico.) La segunda operación es la *ordenación* de los varios grupos así formados en un árbol genealógico, es decir, la ordenación por medio de la relación no-lógica que Darwin llamó proximidad por descendencia. Se trata de una relación asimétrica, no-reflexiva y transitiva. No es una mera relación lógica, como la de inclusión, suficiente para construir jerarquías linneanas (cf. sección. 2.4), sino una relación biológica de prioridad temporal y de parentesco. Esta relación establece una *ordenación parcial estricta* de los grupos biológicos a lo largo del eje temporal. Cf. figura 2.4.

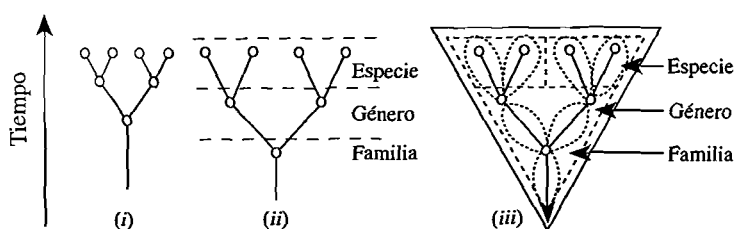


FIGURA 2.4. Relaciones entre filogénesis y taxonomía. En (i) se representa un árbol filogenético (dendrograma) hipotético. En (ii) se ha llevado a cabo una división incorrecta. En (iii) se tiene una clasificación correcta. (Según G. G. Simpson.)

Este nuevo modo de ordenación de grupos biológicos, basado en la relación de descendencia, tiene varios efectos. En primer lugar, los árboles genealógicos que representan secciones de la historia hipotética de organismos se introducen a lo largo de jerarquías taxonómicas; o sea, lo que se toma como núcleo de la sistemática es un proceso natural, no meramente una subordinación lógica, que puede ser arbitraria. En segundo lugar, cada ramificación en el árbol de descendencia corresponde a una diversificación que ha alcanzado el punto de especiación (formación de nuevas especies); la teoría biológica explica la producción de diversidad con la ayuda de la noción de mutación genética

y la subsiguiente selección de combinaciones genéticas por interacción con el medio (adaptación). En tercer lugar, se obtiene una conexión más íntima, o sistematización de los datos y las hipótesis, puesto que además de la relación simétrica de semejanza (que vale entre los miembros de un grupo y entre grupos relacionados) y de la relación asimétrica, reflexiva y transitiva de inclusión, $\subset$, que media entre varios taxa, ahora se tiene la relación asimétrica, irreflexiva y transitiva de descendencia, que media entre especies. La nueva sistematización es, por tanto, mucho más densa o sistemática que la antigua. Pero no hay razón para pensar que vaya a ser la última: la bioquímica promete ya una sistemática aún más densa, complementando las relaciones mencionadas con otras de afinidad entre las proteínas que caracterizan a las varias especies. ('Complementando' y no sustituyendo, porque los organismos atraviesan diversos niveles de organización.)

La *sistemática química* ha recorrido una evolución parecida, desde un estadio preteórico hasta otro teórico. Los varios elementos químicos pueden disponerse de diversos modos: según el color, el sabor, el peso específico, el punto de ebullición, el peso atómico (determinado por el número de constituyentes del núcleo atómico), el número atómico (igual al número de electrones), etc. Las propiedades sensibles no se tienen en cuenta para fines sistemáticos porque dan lugar a agrupaciones antropocéntricas y superficiales, aunque a veces útiles. Y, ya entre las propiedades no sensibles, los caracteres macroscópicos, como el peso específico o el punto de ebullición, son menos adecuados que los caracteres microscópicos, porque son consecuencias de éstos. Propiedades troncales, como el número atómico y el número de electrones presente en la última capa del átomo, son las que se eligen en la más profunda de todas las sistemáticas químicas, que es el sistema periódico.

Es importante darse cuenta de que el sistema periódico presupone la *teoría atómica*, exactamente igual que la sistemática filogenética presupone la teoría de la evolución. Basta un vistazo a cualquier tabla periódica establecida modernamente para confirmar esa tesis: cada casilla se caracteriza básicamente por un conjunto de números que representan los valores numéricos de propiedades introducidas por la teoría atómica, e imprescindibles o sin-sentido si se prescinde de dicha teoría. Así, por ejemplo, la casilla ocupada por el carbono presenta los siguientes números: 6, número atómico, o número de electrones del átomo de carbono; 12,011, peso atómico de una muestra al azar de carbono; 2, número de isótopos conocidos; y 2-4, número de electrones de las capas primera y segunda respectivamente. Todas son propiedades profundas y no-fenómicas.

Igual que en el caso de la sistemática biológica, el progreso de la sistemática química la alejó de las clasificaciones fenomenistas y nominalistas (artificiales). E igual que en el caso de la biología el esquema de árbol genealógico sugiere la búsqueda de eslabones ausentes, así también en el caso del sistema químico fue posible la predicción de las propiedades de elementos e isótopos antes desconocidos. Además, puede hacerse una predicción de las trasmutaciones posibles de los elementos sin más que atender a los números que caracterizan a sus vecinos. El sistema periódico es pues algo muy distinto de un mero sumario de hechos producidos en el laboratorio químico: es una parte de la teoría atómica, y resume nuestro conocimiento teórico de la composición y estructura de los núcleos y átomos.

Cada una por sí misma, la división, la ordenación y la medición pueden ser muy analíticas, según la finura de las operaciones. Pero el gran poder analítico o resolutorio no es

el único desiderátum de una disposición de elementos: tanto o más deseable es la sistematización, es decir, la síntesis. Y la sistematización se consigue por la *combinación de división, ordenación y, de ser posible, medición, a la luz de la teoría*. La división, la ordenación y la medición no son sino partes del proceso de análisis y síntesis, el cual empieza con la discriminación o distinción, continúa con la descripción y culmina en la teoría.

La teoría, que es un fin en sí misma, es también *el* medio para conseguir profundizar hacia una sistemática cada vez más de raíz. Esto se debe a que sólo la teoría puede introducir de un modo no arbitrario propiedades no observables (diafenómicas), mediante conceptos que no se refieren a notas superficialmente observables, sino que denotan propiedades esenciales o troncales, generalmente ocultas a los sentidos y sólo-hipotetizables. Y como la sistemática profunda es la que supone alguna teorización, la más profunda de todas será la basada en la teoría más profunda, o sea, en la teoría cuyos conceptos-clave sean los más lejanos de los fenómenos directamente observables. (A propósito del concepto de profundidad de una teoría, cf. sec. 8.5.) Y toda sistemática de esta naturaleza, lejos de ser externa a la teoría, resume e ilustra a la misma, y ayuda a explicarla, mientras la teoría, recíprocamente, explica la sistemática misma.

Si la teoría resulta defectuosa —descubrimiento que se producirá necesariamente antes o después— la sistemática que la acompañaba tendrá que corregirse o abandonarse. La sistemática, en resolución, es un aspecto de la sistematización científica: será protocientífica si no se apoya en ninguna teoría, y propiamente científica si le subyace alguna teoría contrastable. La sistemática no es, pues, una ciencia especial, y aún menos una superciencia: en la medida en que es teórica y no preteórica, la sistemática contiene resultados de la investigación empírica y resultados de la investigación teórica. Por eso ayuda a orientar a ambas.

Problemas

2.5.1. Discutir, desde los puntos de vista de la objetividad y la profundidad, la clasificación primitiva de las vitaminas. Recuérdese que las vitaminas se clasificaron inicialmente por su presencia en los alimentos, no por su estructura química. Así, por ejemplo, el complejo vitamínico B consta de vitaminas (tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, etc.) que no tienen nada en común salvo su presencia conjunta en ciertos alimentos.

2.5.2. Decidir cuál de las siguientes divisiones de la biología —la una basada en el tipo de organismo y la otra en problemas y métodos— da la visión más profunda de la moderna investigación biológica.

<i>División según los objetos</i>	<i>División según los problemas</i>
1. Botánica Subdivisiones: briología, micología, dendrología, silvicultura, etc.	1. Morfología (forma y estructura) Anatomía Histología Citología

(continúa)

(continuación)

División según los objetos	División según los problemas
2. Zoología Subdivisiones: entomología, ictiología, herpetología, ornitología, etc.	2. Fisiología (función) Fisiología estricta Embriología Genética 3. Ecología (hábitat) 4. Etología (conducta) 5. Filogénesis (evolución)

Problema en lugar del anterior: ¿Cómo decidimos los respectos en los cuales deben compararse los organismos?

2.5.3. ¿Qué puede inferirse del dato de que dos especies son semejantes (i) en el caso de la sistemática morfológica ("artificial") y (ii) en el caso de la sistemática filogenética ("natural")?

2.5.4. Considerar el árbol genealógico de la figura 2.5: 'A', 'B', 'C' y 'D' representan especies contemporáneas; 'E', 'F' y 'G' representan las especies de que proceden las anteriores. ¿Está B más estrechamente relacionada con A que con C o D, o a la inversa? Obsérvese (i) que B está menos alejado de A que de C y D; (ii) que el origen de B tuvo lugar poco después del de A; (iii) que A y B no proceden de un tronco inmediato común. (Tomado de W. Hennig, con adaptación.)

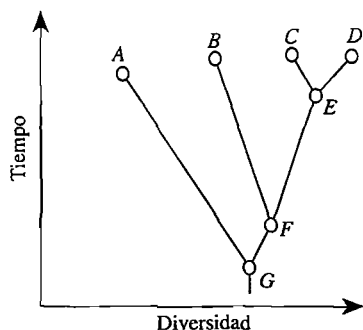


FIGURA 2.5. Árbol genealógico del problema 2.5.4.

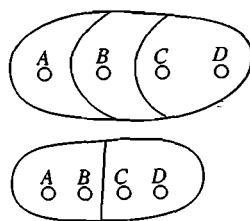


FIGURA 2.6. Diagramas de Euler-Venn correspondientes a la fig. 2.5.

2.5.5. Antes de averiguar qué descende de qué es preciso saber acerca de los grupos en cuestión. Esta observación da lugar a la cladística, cuyos resultados difieren en algo de los de la sistemática evolutiva. Establecer si el cladograma y el árbol genealógico son incompatibles entre sí o se complementan. Cf. M. Mahner y M. Bunge, *Foundations of Biophilosophy*, sec. 7.2.2.4, Nueva York, Springer, 1997 [*Fundamentos de la biofilosofía*, México, Siglo XXI, 2000].

2.5.6. ¿Es la sistemática biológica (i) un fin en sí misma, y hasta el objetivo central de la investigación biológica, o (ii) simplemente un modo de almacenar y exponer (dividiendo u ordenándolo) el material empírico en bruto que debe ser elaborado por los fisiólogos, genetistas, bioquímicos, etc., o (iii) una parte de la biología, con tanto derecho como la tabla periódica es una parte de la física y la química, y útil a la vez como registro de hechos conocidos y como instru-

mento de investigación? Consiguientemente: ¿es la sistemática una disciplina especial o es una parte de una disciplina científica? *Problema en lugar del anterior*: Analizar los enunciados siguientes: “Puede verse una especie”, “La especie que uno ve depende de las posibilidades de observación que tiene”, “Una especie es una cosa simple”, “Una especie es una unidad formal”. (Frasas encontradas en una reciente publicación científica.)

2.5.7. Discutir la propuesta (hecha por J. Huxley en 1958) de que cada taxón se construya como un grupo caracterizado a la vez por un antepasado común (un *tronco*) y como una unidad dotada de cierto número de caracteres comunes como resultado de la evolución (un *grado*). *Problema en lugar de anterior*: Discutir detalladamente los planteamientos del científico puro (por ejemplo, el biólogo) y el científico aplicado (por ejemplo, el agrónomo) por lo que hace a la taxonomía.

2.5.8. Examinar alguna clasificación corriente de las llamadas partículas elementales. ¿Supone conceptos de observación o conceptos teóricos? ¿Es una tabla de datos o un sistema? *Problema en lugar del anterior*: Estudiar la clasificación de las enfermedades por sus causas y por sus síntomas (la fiebre, por ejemplo), o discutir clasificaciones de la personalidad basadas en caracteres anatomofisiológicos (como los cuatro humores hipocráticos).

2.5.9. ¿Son perfectibles las divisiones, ordenaciones y clasificaciones sistemáticas? Discutir por separado los casos de objetos ideales y objetos materiales, y excluir el caso obvio de la dicotomía. *Problema en lugar de éste*: Discutir libremente acerca de la influencia que puede tener el descubrimiento de compuestos de gases “nobles” (1962) en la tabla periódica, y recabar de ello una consecuencia por lo que hace a la evolución de la sistemática.

2.5.10. Examinar las tesis siguientes, esbozadas en el texto: (i) que el *fenomenismo* (“Todos los predicados empíricos son fenoménicos o reducibles a predicados fenoménicos”) y el *nominalismo* (“Todo conjunto es resultado de una agrupación arbitraria y es, por tanto, un mero nombre”) tienen que presentarse juntos, y (ii) que el progreso de la ciencia ha ido alejándola del fenomenismo y del nominalismo, y llevándola a descubrir propiedades transobservables cada vez más profundas (denotadas por conceptos teóricos) y géneros naturales objetivos. *Problema en lugar del anterior*: Realizar un análisis crítico detallado de las actuales discusiones sobre el concepto de especie.

2.6. SISTEMÁTICA DE CONCEPTOS

En 2.2 clasificamos conceptos de acuerdo con su forma lógica, a saber, en conceptos individuales, de clase, relacionales y cuantitativos. También los clasificamos, desde el punto de vista de su estatuto semántico, en conceptos formales o puros y conceptos no-formales (incluidos los concretos). Si se eligen otros criterios de clasificación se obtienen, naturalmente, otras clasificaciones. En esta sección atenderemos primero a la función de los conceptos y luego a su alcance sistemático.

Si se elige como *fundamentum divisionis* la *función* de los conceptos en la ciencia se obtiene la siguiente perfectible clasificación (véase la tabla 2.8).

Los conceptos formales suministran los elementos que constituyen el esqueleto formal (por ejemplo, un cálculo) de sistemas factuales como las clasificaciones y las teorías. Su estudio corresponde a la ciencia formal, pero pueden introducirse en cualquier campo de la ciencia factual: no están vinculados a ningún tema concreto, sino que se refieren a nuestro modo de planteamiento y manera de aprovecharlo. Así, la aplicabilidad

TABLA 2.8. FUNCIONES DE LOS CONCEPTOS

<i>Conceptos</i>	<i>Formales</i>	<i>Básicos</i>: los que suministran las fundamentaciones racionales, como “y”, “todos”, “conjunto”, “raíz cuadrada”, “distancia”, “grupo”. <i>Metalógicos</i>: los que se presentan en análisis y teorías de teorías formales, p. ej., “fórmula bien formada”, “demostrable”, “axioma”, “teorema”, “teoría”.
	<i>No-formales</i>	<i>Descriptivos</i>: los que nos permiten describir material fáctico de experiencia, como “cuerpo”, “rojo”, “cerca”, “acontecimiento”, “entre”, “líquido”. <i>Explicativos</i>: los que se presentan en la explicación de descripciones, como “especie”, “átomo”, “tasa de nacimientos”, “motivación”, “inhibición”. <i>Prescriptivos</i>: los que se presentan esencialmente en normas, reglas y convenciones, p. ej., los designados por verbos en imperativo.

de la teoría de conjuntos a la sistemática zoológica no depende de los animales, sino de que el zoólogo se dé cuenta de que la teoría de conjuntos es el cálculo formal de la sistemática y, consecuentemente, de que cuanto más explícitamente la use tanto más preciso y corto será un artículo suyo. El uso amplio de los conceptos formales no lleva sólo a una sistematización más fuerte y a una mayor precisión en cada campo de la ciencia, sino también a una ulterior integración conceptual de toda la ciencia.

Conceptos no formales son, naturalmente, los que nos permiten dar cuenta del mundo y planear nuestra investigación del mismo. Estos conceptos, por así decirlo, nos dan la carne del conocimiento, al permitirnos referirnos a hechos (conceptos descriptivos e interpretativos) o a nuestras decisiones y actos (conceptos prescriptivos). (Esa referencia es, en cierta medida, directa en el caso de conceptos descriptivos y prescriptivos, pero es bastante indirecta en el caso de los conceptos interpretativos, como “campo eléctrico”.) En “Este mono está triste” no hay más que conceptos descriptivos, “Este mono está triste porque tiene nostalgia” contiene un concepto interpretativo. Y “Los monos tristes de nostalgia deben entretenerse con la televisión” contiene un concepto prescriptivo. Conceptos descriptivos se presentan, como es natural, en contextos descriptivos; los conceptos interpretativos dominan en contextos teoréticos, y los conceptos prescriptivos son frecuentes en el discurso metodológico. Pero conceptos de las tres clases pueden presentarse juntos en una misma proposición, como “Para registrar diferencias isotópicas de masa hay que utilizar un espectrómetro de masa.”

Necesitaremos también la división de conceptos basada en su *alcance sistemático*, o sea, en el papel que desempeñan en la sistematización. Desde este punto de vista podemos dividir los conceptos en *extrasistemáticos* –como “soluble” y “conductor– y *sistemáticos* –como “solubilidad” y “conductividad”. Entre los conceptos ordinarios o extrasistemáticos los más frecuentes son los *ostensivos*, que se refieren directamente a individuos observables, a propiedades y relaciones directamente observables, como ‘cuerpo’, ‘viscoso’ o ‘bajo’. La ciencia no puede prescindir de conceptos extrasistemáticos: si no existieran vínculos de transición entre los conceptos sistemáticos y los extrasistemáticos, las teorías científicas serían incontrastables e ininteligibles. Pero esos conceptos extrasistemáticos no son típicos de la ciencia: son presupuestos y dilucidados por la ciencia, pero ésta se construye con conceptos específicos, técnicos, que no pueden definirse a base de conceptos extrasistemáticos.

Ahora bien: la sistematización científica puede consistir en una sistemática o una teoría. Consiguientemente, los conceptos sistemáticos pueden ser taxonómicos y/o teoréticos. Los *conceptos taxonómicos*, como los de especie, taxon mismo y jerarquía, pueden dilucidarse con la ayuda de conceptos descriptivos y de la lógica elemental. No ocurre así con los *conceptos teoréticos*, es decir, con los conceptos *introducidos* o *dilucidados* por una teoría, como “campo eléctrico” (introducido por la teoría electromagnética), “selección natural” (introducido por la teoría darwinista de la evolución), o “utilidad subjetiva” (introducido por la teoría de la utilidad). La especificación del significado de los términos teoréticos (signos que designan conceptos teoréticos) requiere, además de la lógica, la especial teoría de que se trate y la experiencia científica: la lógica mostrará la estructura del concepto, la teoría mostrará su connotación, y la experiencia científica (observación, medición y/o experimentación) suministrará su extensión. Además, a veces no será fácil decidir si un concepto dado es extrateorético o teorético: pues puede haberse convertido en elemento del conocimiento común al cabo de algún tiempo de uso teorético. Pero, independientemente de las vicisitudes históricas de un concepto, adoptaremos la siguiente *Definición*: Un concepto se llamará *teorético* en un momento dado si y sólo si en ese momento pertenece a alguna teoría.

Como los conceptos teoréticos son el núcleo de la ciencia y plantean los problemas epistemológicos más interesantes, será conveniente analizarlos por el procedimiento de apelar de nuevo a la clasificación, técnica simple de análisis conceptual. Usaremos la clasificación expuesta en la tabla 2.9.

Los conceptos teoréticos *genéricos* son aquellos que permean la totalidad de la ciencia: no son peculiares a ninguna ciencia factual determinada. Los conceptos *ontológicos*, como “acontecimiento” o “real”, están supuestos por o subyacen a toda teoría factual, aunque ésta no los contenga de una forma explícita. Estos conceptos se consideran a veces ordinarios (presistemáticos) o bien excesivamente metafísicos, lo cual es de lamentar, porque su desprecio autoriza la mayor vaguedad ontológica. El desprecio de la ontología es una protección para cualquier metafísica casera: y la realidad es que no nos encontramos en la posibilidad de contraer compromisos metafísicos o evitarlos, sino sólo en la de contraerlos malos o buenos (cf. 5.9). Los conceptos *metacientíficos*, designados por términos como ‘evidencia’ y ‘problema’, se presentan en las observaciones que acompañan a un enunciado científico, en la discusión de su convalidación y de su dominio de vali-

TABLA 2.9. SISTEMÁTICA DE LOS CONCEPTOS TEORÉTICOS FACTUALES

Conceptos teoréticos factuales	Genéricos	<i>Ontológicos</i>: tema propio de la ontología. Ejs.: “materia”, “sistema”, “acontecimiento”, “proceso”, “evolución”, “espíritu”, “ley”, “azar”. <i>Metacientíficos</i>: tema propio de la metaciencia. Ejs.: “hipótesis”, “enunciado legaliforme”, “contrastación”, “confirmación”, “sistemática”.
	Específicos	<i>Observacionales</i>: que refieren a entidades o propiedades observables. Ejs.: “cuerpo”, “posición”, “yuxtaposición”, “estímulo”, “respuesta”, “número de confirmaciones”. <i>No-observacionales</i>: que no denotan entidades o propiedades de experiencia. Ejs.: “centro de gravedad”, “aprendizaje”, “valencia”, “poder político”.

dez, y en muchas otras ocasiones. Como en el caso de los conceptos ontológicos, el mejor modo de trabajar en una nebulosa de confusas ideas metacientíficas—que son imprescindibles para todo científico—consiste en no analizarlas ni sistematizarlas.

Los conceptos teoréticos *específicos*, a diferencia de los genéricos, son propios de teorías especiales o grupos de ellas. Conceptos *observacionales* son los que denotan objetos directamente observables, como “cuerpo” y “estímulo”. Las teorías referentes a sistemas que son en parte accesibles a la observación directa—como la mecánica clásica, por ejemplo—pueden contener conceptos observacionales, pero no es necesario que los tengan; estos conceptos se toman frecuentemente del conocimiento ordinario, y la teoría los dilucida. Pero las teorías que manejan objetos inobservables como la teoría del campo electromagnético en el vacío, o una teoría de la formación de conceptos—pueden no contener ningún concepto observacional. Estos conceptos se presentarán siempre, sin embargo, en los enunciados que tengan como objetivo someter una teoría a contrastación, aunque esa teoría no contenga conceptos observacionales.

Los conceptos *no-observacionales* son característicos de los supuestos iniciales (axiomas) de una teoría; algunos de esos conceptos teoréticos llegan hasta el nivel de los teoremas. Así, en la mecánica newtoniana, “punto material”, “masa” y “fuerza”—los tres conceptos indefinidos típicos de la teoría—son no-observacionales, se presentan exabrupto en los axiomas (o sea, son nociones primitivas, o indefinidas) y no refieren a ningún rasgo observable de experiencia. La relación es de otro tipo: hay una gran parte de la experiencia que puede describirse y—cosa más interesante—interpretarse con la ayuda de tales conceptos no-observacionales. Los conceptos básicos de la mecánica son pues a la vez descriptivos e interpretativos; pero no describen cuidadosamente hechos actuales, sino reconstrucciones más o menos idealizadas de hechos actuales y posibles. Algunos de los conceptos no-observacionales de la mecánica newtoniana están ausentes de los niveles

inferiores de la teoría, en los que sólo la construcción teórica “punto material” aparece frecuentemente (pues es el objeto al que se refieren los enunciados de esa mecánica), junto con los conceptos de distancia y de duración.

Los conceptos no-observacionales se han dividido en variables intermedias y construcciones hipotéticas. Las *variables intermedias* son conceptos que median entre conceptos observacionales. Tales son “centro de gravedad” en mecánica, “entropía” en termodinámica, y “aprendizaje”, “impulso” o “fuerza del hábito” en la psicología conductista. No se asigna a las variables intermedias ninguna propiedad, ni empíricamente accesible ni de otro tipo, y, por tanto, se puede prescindir de ellas: son simples auxiliares calculísticos que enlazan las propiedades observables de un sistema (cf. fig. 2.7). Las *construcciones hipotéticas*, por su parte, se refieren a entidades o propiedades no-observables, pero inferibles. Por ejemplo, “átomo” en la teoría atómica y “coste de producción” en economía son conceptos inobservables, pero no fantasmales, pues se presentan en enunciados que pueden someterse a contrastación con la ayuda de otros enunciados más próximos a la experiencia; además se admite que sus referencias son reales.

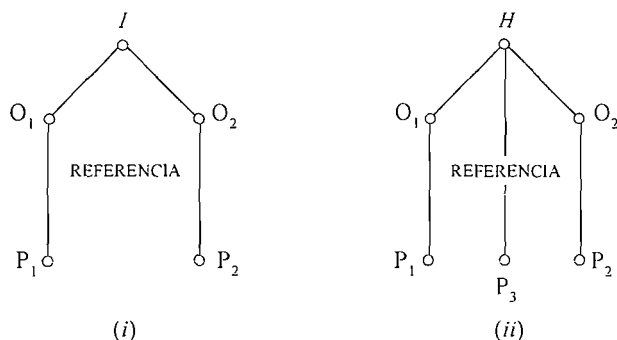


FIGURA 2.7. Variables intermedias y construcciones hipotéticas. (i) La variable intermedia I media entre los conceptos observacionales O_1 y O_2 que denotan las propiedades P_1 y P_2 respectivamente, pero I misma no se refiere a ninguna propiedad. (ii) La construcción hipotética H media entre los conceptos observacionales O_1 y O_2 , y además menta un correlato objetivo, que es la propiedad P_3 .

La diferencia entre construcciones hipotéticas y variables intermedias no es lógica ni epistemológica: ambas pueden tener una estructura tan compleja como se quiera y ambas pueden ser inventadas, no precisamente tomadas de la observación. La diferencia entre unas y otras es *semántica*, o sea, consiste en el correlato que se les asigna. Mientras que a las variables intermedias no se les asigna correlato alguno distinto del sistema concreto en su totalidad (por ejemplo, “centro de gravedad” se refiere a un cuerpo), a las construcciones hipotéticas se les atribuyen correlatos reales, aunque inobservables (cosas, propiedades o relaciones). Así, por ejemplo, en la corriente teoría electromagnética los potenciales son variables intermedias, mientras que las intensidades de campo son construcciones hipotéticas; o sea: a los potenciales no se les atribuye ninguna significación física inde-

pendiente, y en principio se puede trabajar sin ellos, mientras que el concepto de intensidad de campo es el núcleo de la teoría.

La diferencia entre variables intermedias y construcciones hipotéticas no es absoluta, sino *relativa* a la teoría en que se presenten, así como a la posición filosófica adoptada. Un mismo concepto puede manejarse como construcción hipotética en determinado planteamiento, y como variable intermedia en otro planteamiento. Así, por ejemplo, “hábito”, “impulso” y “estado mental” son a lo sumo variables intermedias para la psicología conductista (por ejemplo, la de C. Hull), mientras que en otros planteamientos (el de Tolman, por ejemplo) pueden ser construcciones hipotéticas referentes a propiedades reales o sistemas de propiedades del sistema nervioso. En general, la actitud externalista o fenomenista no atribuirá realidad más que a los correlatos de conceptos observacionales, y considerará a todos los conceptos no-observacionales como expedientes auxiliares –y sospechosos– que median o intervienen entre conceptos observacionales. Por otro lado, el planteamiento interno o representacional, que es el que aspira a descubrir el mecanismo de los sistemas, más que a describir sus propiedades externas, reconocerá ambos géneros de conceptos, y en vez de aceptar las variables intermedias como meros símbolos útiles, intentará explicar algunas de ellas a base de construcciones hipotéticas. Un ejemplo de este análisis más profundo es la fundamentación neurofisiológica de la psicología de la conducta y de la psique.

Remitimos a los capítulos 3, 5 y 8 una discusión más detallada de los conceptos no-observacionales y, en particular, del tema de las variables intermedias y las construcciones hipotéticas, con las discusiones a su respecto. Ahora vamos a atender al problema del afinamiento de conceptos.

Problemas

2.6.1. Distinguir en el texto siguiente los conceptos formales, descriptivos, interpretativos y prescriptivos. “Cuando digo que yo (el *ego*) estaba en la Grand Central Station ayer a mediodía, es verdad que cierto cuerpo de la naturaleza objetiva al que llamo *mi* cuerpo, o sea, el cuerpo del *ego*, estaba allí en aquel momento. Pero esto no es más que una implicación, o sea, no es una simple identificación del *ego* con el cuerpo, pues en otro caso la frase *mi* cuerpo carecería de sentido. Una vez acostumbrado a pensar el *ego* como algo así como un coordinado marco de referencia, el asunto está perfectamente claro. Lo que cuenta en la imagen del mundo en *mí* mismo es la posición de mi *marco de referencia* respecto del mundo externo. Decir que *yo* estaba ayer a mediodía en la estación es decir que dicho marco de referencia estaba situado de ese modo. El cuerpo afectado a ese marco de referencia es, en ese sentido, *mi* cuerpo. Y es claro que el *ego* así definido es algo inmaterial”. A. J. Lotka, *Elements of Mathematical Biology*, Nueva York, Dover, 1956, p. 374.

2.6.2. Ilustrar el concepto de concepto sistemático en sus dos categorías, taxonómica y teórica.

2.6.3. Ejemplificar conceptos teóricos genéricos y específicos. *Problema en lugar del anterior*: ¿Son los conceptos observacionales meros envoltorios de datos sensibles?

2.6.4. Precisar los conceptos metacientíficos contenidos en el texto del problema 2.6.1.

2.6.5. Decidir cuáles de los siguientes conceptos son observacionales y cuáles son no-observacionales: “*input*” (insumo), “*output*” (producto), “trayectoria media libre”, “corriente eléctrica”, “velocidad reactiva”, “catalizador”, “hormona”, “vitamina”, “gene”, “músculo”, “aferente”,

“metabolismo”, “reflejo condicionado”, “inhibición”, “intensidad del estímulo óptico”, “hábito”, “impulso”, “motivo”.

2.6.6. Establecer una lista de conceptos observacionales, variables intermedias y construcciones hipotéticas que se den en una teoría científica a elegir.

2.6.7. Los llamados “observables” de la física atómica, como posición del electrón, momento y energía, ¿son conceptos observacionales en el sentido estricto de ‘observación’ utilizado en el texto? *Problema en lugar del anterior*: ¿Son esos conceptos variables intermedias o construcciones hipotéticas?

2.6.8. Mostrar cómo enunciados referentes a una variable intermedia pueden traducirse a enunciados referentes a una construcción hipotética. Estudiar, si se desea un caso concreto, el del par “diferencia de potencial”-“intensidad del campo eléctrico”.

2.6.9. Proponer un criterio, distinto de la definición, para distinguir entre variables intermedias y construcciones hipotéticas. Ser cuidadoso en especificar que la distinción entre ambas es contextual y no absoluta.

2.6.10. Analizar el concepto presistemático y sistemático de movimiento. Mostrar que, mientras que el primero es genérico, en cambio, el segundo es específico; precisar los conceptos cualitativo y cuantitativo de movimiento en las teorías del mismo (las varias teorías mecánicas); y averiguar qué se gana y qué se pierde en los sucesivos afinamientos del concepto de movimiento. *Problema en lugar del anterior*: Establecer las relaciones entre conceptos observacionales y conceptos descriptivos, y entre conceptos teoréticos y conceptos interpretativos. Advertencias: “número de convalidaciones” es a la vez observacional e interpretativo, e “intención” es interpretativo, pero, hasta hoy día, no teorético.

BIBLIOGRAFÍA

- Bunge, M., *Sense and Reference*, Dordrecht, Reidel, 1974.
 ———, *Interpretation and Truth*, Dordrecht, Reidel, 1974.
 ———, *Filosofía de la física*, Barcelona, Ariel, 1978.
 ———, *Finding Philosophy in Social Science*, New Haven, CT, Yale University Press, 1996 [*Buscar la filosofía en las ciencias sociales*, México, Siglo XXI, 1999].
 Carnap, R., *Introduction to Symbolic Logic and its Applications*, Nueva York, Dover, 1958.
 Frege, G., *Translations from the Philosophical Writings of*, P. G. Geach y M. Black (eds.), Oxford, Blackwell, 1960.
 Gregg, J. R., *The Language of Taxonomy*, Nueva York, Columbia University Press, 1954.
 Halmos, P. R., *Naive Set Theory*, Princeton, Van Nostrand, 1960.
 Hempel, C. G., *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science*, vol. II, núm. 7 de la *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1952.
 Hennig, W., *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*, Berlin, Deutscher Zentralverlag, 1950.
 Lewis, C. I., “The Modes of Meaning”, *Philosophy and Phenomenological Research*, 4, 236, 1943.
 MacCorquodale, K., y P. E. Meehl, “Hypothetical Constructs and Intervening Variables”, *Psychological Review*, 55, 95, 1948.
 Martin, R. M., *Truth and Denotation*, Chicago, University of Chicago Press, 1958. Trad. cast., *Verdad y denotación*, Madrid, 1962.
 Marx, M. H. (ed.), *Psychological Theory: Contemporary Readings*, Nueva York, Macmillan, 1951, cap. III.

- Mayr, E., *Principles of Systematic Zoology*, Nueva York, McGraw-Hill, 1968.
- , *The Growth of Biological Thought*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Mahner, M., y M. Bunge, *Foundations of Biophilosophy*, Nueva York, Springer Verlag, 1997 [Fundamentos de la biofilosofía, Siglo XXI, 2000].
- Menger, K., “On Variables in Mathematics and in Natural Science”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 5, 134, 1954.
- Morris, C., *Foundations of the Theory of Signs*, vol. 1, núm. 2 de la *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1938.
- Nagel, E., *Logic Without Metaphysics*, Glencoe, Ill., The Free Press, 1956, caps. 4 y 5.
- Quine, W. V. O., *Word and Object*, Nueva York y Londres, The Technology Press of the M. I. T. and John Wiley, 1960. Trad. cast., *Palabra y objeto*, Barcelona, 1968.
- Sacristán, M., *Introducción a la lógica y al análisis formal*, Barcelona, Ariel, 1964.
- Simpson, C. G., *Principles of Animal Taxonomy*, Nueva York, Columbia University Press, 1961.
- , *Why and How*, Oxford, Pergamon Press, 1980.
- Stanley Jevons, W., *The Principles of Science*, 1874, Nueva York, Dover, 1958, cap. xxx.
- Suppes, P., *Introduction to Logic*, Princeton, N. J., Van Nostrand, 1957, caps. 9 y 10.
- Törnebohm, H., *A Logical Analysis of the Theory of Relativity*, Stockholm, Almqvist & Wiksell, 1952, secciones 28, 29 y 31.
- Woodger, J. H., *Biology and Language*, Cambridge University Press, 1952.

3. DILUCIDACIÓN

Hay tres dolencias que afectan, y quizás afecten siempre, a nuestro equipo conceptual: falta de conceptos ricos, abundancia de conceptos pobres y vaguedad de todos los conceptos, excepto los formales. Los filósofos no pueden hacer gran cosa para enriquecer el acervo de conceptos científicos y para eliminar los que no son adecuados: el desarrollo y la selección de la población de conceptos es parte de la evolución de la ciencia. Por otro lado, el análisis filosófico puede ser eficaz en su examen crítico de los conceptos científicos. Esta crítica puede ser destructora, como ocurre al condenar el uso de conceptos no-observacionales en nombre de filosofías precientíficas; o bien puede ser constructiva, como ocurre cuando se critica la vaguedad conceptual y se intenta disminuirla, es decir, hacer los conceptos más definidos. O sea: aunque los filósofos no suelen dar a luz conceptos científicos, pueden ayudar a criarlos. Esta ayuda es sobre todo valiosa porque en el campo científico persisten y dominan ciertas ideas anacrónicas por lo que hace al modo como debe darse significación a los términos científicos. Una de tales ideas insostenibles, pero aún populares entre los científicos, dice que todos los conceptos científicos deben definirse desde el primer momento (prejuicio aristotélico), y, además, por referencia a operaciones que, de ser posible, deben tener un carácter empírico (prejuicio operativista). Veremos que las significaciones se especifican y afinan de muchos modos diversos, y que las definiciones operativas son lógicamente imposibles, aunque hay ciertas correspondencias de signo a objeto (las llamaremos “referencias”) que desempeñan la función frecuentemente atribuida a las “definiciones” operativas.

3.1. VAGUEDAD Y CASOS LÍMITROFES

‘Campo’, ‘anillo’ y ‘libertad’ son términos *ambiguos* porque cada uno de ellos designa varios conceptos. La ambigüedad es una tenaz característica de los signos; hasta los signos matemáticos pueden ser ambiguos en cuanto que se sacan de su contexto. La ambigüedad es ambivalente: por un lado, nos permite economizar signos y, con ello, mantener dentro de proporciones modestas nuestros diversos vocabularios técnicos; pero, por otro lado, crea confusión. Afortunadamente, puede siempre eliminarse, parcial o totalmente, con el añadido de más signos. Así, por ejemplo, ‘campo eléctrico’, ‘pila atómica’ y ‘libertad política’ son menos ambiguos que los nombres iniciales, y las cartas pueden ser menos ambiguas que los telegramas que las preceden. Por otro lado, la vaguedad o confusión no tiene ningún aspecto positivo, y es una enfermedad conceptual más que terminológica: por eso también es de cura más difícil. “Pequeño”, “calvo” y “caliente” son conceptos vagos porque ya sus intensiones son confusas, y, consiguientemente, sus extensiones están indeterminadas mientras no se establezcan estipu-

laciones (criterios convencionales) para determinar su dominio de aplicabilidad.

Como todo concepto tiene una intensión y una extensión (cf. sec. 2.3), la vaguedad puede ser intensional o extensional. La *vaguedad intensional* consiste en una indeterminación parcial de la intensión. “Organismo” y “máquina” adolecen ambos de vaguedad intensional: las propiedades que connotan no están determinadas exhaustivamente, lo cual, dicho sea de paso, es una de las principales fuentes de confusión en las actuales discusiones acerca del alcance de la cibernética. Para comprimir el halo de vaguedad que rodea a esos dos conceptos necesitamos más progresos en la teoría de los organismos y en la teoría de las máquinas, así como análisis filosóficos más amplios y detallados: en todo caso, es difícil que un decreto lingüístico satisfaga a todas las partes contendientes. La *vaguedad extensional* consiste en una indeterminación parcial de la extensión de un concepto. Como veremos, este defecto puede subsanarse más fácilmente que la vaguedad intensional, lo que explica la habitual preferencia por planteamientos extensionales. Pero como la tarea de la ciencia no se termina nunca, podemos esperar con confianza que siempre habrá algo de vaguedad, intensional o extensional, grande o pequeña, confundiendo los conceptos más interesantes —el de vaguedad entre ellos. Efectivamente, es muy posible que no se conozca ningún género natural (especie, clase) en forma de clase total y tajantemente determinada, y no siempre está claro si tal vaguedad o indeterminación es un rasgo de la limitación humana o un rasgo objetivo.

El concepto de *vaguedad intensional* puede analizarse por medio del conjunto $I(C)$ de propiedades, conocidas y desconocidas, connotado por C , y el subconjunto $K(C) \subseteq I(C)$, de las propiedades conocidas, incluido en la intensión de C . Definiremos la vaguedad intensional $V_i(C)$ de un concepto C como la diferencia entre $I(C)$ y $K(C)$, o sea, como el conjunto de las propiedades que pertenecen a I pero no a K :

$$V_i(C) =_{\text{df}} I(C) - K(C) \quad [3.1]$$

Y como sólo $K(C)$ está bien determinado, el concepto de vaguedad intensional es él mismo vago. Y si utilizamos la intensión nuclear $I_n(C)$ (cf. sec. 2.3) en vez de la intensión conocida $K(C)$, admitimos incluso una zona más amplia de vaguedad, puesto que $I_n(C) \subseteq K(C)$. Como es natural, es un desiderátum de la investigación científica el estrechar la diferencia entre $I(C)$ y $K(C)$, o sea, el reducir el halo de $K(C)$. (Cf. fig. 3.1.)

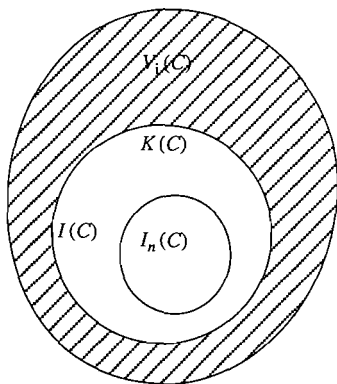


FIGURA 3.1. Vaguedad intensional: la zona rayada (cuyo límite externo es impreciso). Los círculos representan conjuntos de propiedades, no de individuos.

El concepto de *vaguedad extensional*, en cambio, puede determinarse completamente. Una comprobación de confianza de la determinación extensional de un concepto es su rendimiento en la dicotomía: si un concepto C nos permite llevar a cabo sin ambigüedad y exhaustivamente una división de todo conjunto en el subconjunto $E(C)$ de todos los miembros que tienen la propiedad $C(x)$ y el subconjunto complementario, $E(\bar{C})$, de todos los elementos que no satisfacen la función $C(x)$, entonces la extensión o denotación de C está enteramente determinada. Y si, en cambio, hay cierto número de casos limítrofes que puedan agruparse igual en $E(C)$ que en $E(\bar{C})$ —como ocurre, por ejemplo, en una clasificación por la calvicie para hombres que estén en proceso de llegar a calvos—, entonces la extensión $E(C)$ de C está parcialmente indeterminada, y la proporción de casos limítrofes medirá su vaguedad extensional.

*Esa sugerencia puede precisarse más. Para conceptos precisos, o sea, no vagos, el solapamiento entre $E(C)$ y su complemento $E(\bar{C})$ es vacío, o sea $E(C) \cap E(\bar{C}) = \emptyset$; consiguientemente, el tamaño o medida de esa parte común es cero: $M[E(C) \cap E(\bar{C})] = 0$. Tales son los conceptos exactos que maneja la teoría de conjuntos. Pero para conceptos vagos la medida $M[E(C) \cap E(\bar{C})]$ del solapamiento de $E(C)$ y $E(\bar{C})$ será un número no negativo, n , y la razón de n a la medida N del universo $U = (C) \cup (\bar{C})$ medirá la vaguedad de C . O sea: podemos definir la vaguedad extensional $V_e(C)$ de un concepto C como:

$$V_e(C) = \text{df } \frac{n}{N} \quad [3.2]$$

Análogamente, el concepto de determinación extensional o precisión conceptual puede definirse así:

$$D_e(C) = 1 - V_e(C) \quad [3.3]$$

Como $M(\bar{C} \cap \bar{\bar{C}}) = M(\bar{C} \cap C) = M(C \cap \bar{C})$, concluimos que $V_e(\bar{C}) = V_e(C)$, y análogamente para la determinación extensional. O sea, la vaguedad (o la determinación) extensional es de la misma medida para cada miembro de un par de conceptos opuestos.*

Si la extensión de un concepto es un conjunto finito, su vaguedad extensional será simplemente el porcentaje de casos limítrofes, de modo que el cómputo, cuando puede hacerse, o el examen de muestras al azar facilitarán estimaciones de esa fracción n/N que es la razón de los casos poco claros (n) al número total de casos (N). Por ejemplo, si se califica a los estudiantes de 0 a 10, con 5 como punto divisorio entre los aceptables y los inaceptables, la zona de vaguedad será más o menos el intervalo [4,6]. Como la medida de este conjunto es 2, la vaguedad de los conceptos “examen aceptable” y “examen inaceptable” respecto del procedimiento de calificación indicado es $2/10 = 1/5$. En otros casos la zona de vaguedad puede estar ella misma vagamente limitada; y así será más o menos indeterminada la fracción de casos limítrofes. En esos casos puede tenerse en cuenta el límite superior o contorno externo de la zona de vaguedad, con objeto de tener un límite superior del grado de vaguedad.

La *vaguedad total* de un concepto puede introducirse del modo siguiente:

$$V(C) = \langle V_i(C), V_e(C) \rangle \quad [3.4]$$

Esto nos va a permitir definir el concepto de significación imprecisa. Si un concepto C es confuso, también lo será el término ' t ' que lo designe, aunque el término mismo sea un signo nada ambiguo, esto es, aunque ' t ' designe precisa y exclusivamente a C . Como un concepto puede ser vago intensional y/o extensionalmente, el término correspondiente será indeterminado en la misma medida. Y una indeterminación de la intensión o la extensión de un concepto —de acuerdo con nuestra definición de 'significación', [2.23] de la sec. 2.3— se reflejará en una imprecisión del término correspondiente. En consonancia con nuestras anteriores fórmulas podremos, pues, definir la *indeterminación de significación* del modo siguiente:

Si ' s ' designa a C , entonces:

$$\text{Indeterminación de significación}(s) = V(C) = \langle V_i(C), V_e(C) \rangle \quad [3.5]$$

Examinemos ahora el alcance metodológico del concepto de vaguedad.

¿Qué relación hay entre vaguedad intensional y vaguedad extensional? La vaguedad intensional es una condición necesaria, pero no suficiente, de la vaguedad extensional: si un concepto es extensionalmente vago, entonces lo es también intensionalmente, pero la afirmación inversa no es necesariamente verdadera. Efectivamente, la vaguedad intensional es compatible con una extensión aceptablemente determinada. Así, por ejemplo, “catalizador”, “cáncer” y hasta “talento” son intensionalmente bastante vagos todavía, pero puede conseguirse que su extensión sea bastante determinada con la ayuda de criterios prácticos (reglas de decisión) que nos permitan decidir si un objeto dado cae o no cae en la extensión de cada uno de esos conceptos. Tales criterios prácticos consisten en considerar unas pocas notas inequívocas (cf. sec. 2.3) como *suficientes* para incluir algo en una clase; esto y no más es lo que se hace, por ejemplo, cuando se considera la capacidad de razonar como prueba de naturaleza humana de un ser. Aunque tales notas inequívocas permiten una identificación efectivamente inequívoca, una clasificación segura, ellas mismas pueden no ser de gran importancia y, consiguientemente, si se toman solas, pueden dar de sí caracterizaciones superficiales. Por ejemplo, la mera presencia de una articulación dental suele utilizarse como criterio práctico para identificar un fósil como mamífero, aunque aún no se sabe por qué ese carácter osteológico debe ponerse en relación con el carácter de vivíparo y otras propiedades esenciales de los mamíferos. Análogamente, las pruebas de acidez y de inteligencia, al descubrir la presencia de ciertas condiciones suficientes, nos ayudan a determinar la extensión, aunque no la intensión, de los conceptos correspondientes.

La vaguedad extensional puede reducirse también llevando a cabo divisiones cada vez más finas. Así, la introducción de la categoría de transición “examen mediocre” entre los aceptables y los inaceptables reduce la vaguedad extensional de estos últimos conceptos, pero no la vaguedad total del concepto de calidad de examen. En la práctica, si calificamos los exámenes de un conjunto de estudiantes con una escala de 0 a 10, podemos asignar a los exámenes inaceptables el intervalo [0, 4], a los mediocres el intervalo [4, 6], y a los aceptables el intervalo [6, 10]. Pero ahora en vez de un solo intervalo central de vaguedad: tendremos dos zonas más estrechas de vaguedad: habrá una penumbra de 1/10, por ejemplo, entre “inaceptables” y “mediocres”, y otra zona análoga entre la cate-

goría de transición y “aceptables”. (Cf. fig. 3.2.) Otra división más fina disminuirá ulteriormente la vaguedad de las categorías específicas —A, B, C, D, F, pongamos por caso— pero sin cambiar la vaguedad del conjunto, que en este caso es el concepto genérico de calidad del examen. En general, podemos decir: divisiones más finas disminuyen la vaguedad extensional de las categorías específicas subsumidas bajo la categoría principal, pero sin disminuir necesariamente la vaguedad de esta última. Y hay que tener en cuenta que no podemos sustituir simplemente la categoría principal por la unión de todas las categorías más finas subsumidas bajo ella: necesitamos a la vez el concepto original (el universo del discurso) y los componentes que se descubren al analizarlo.

FIGURA 3.2. La división más fina redistribuye la vaguedad.



A veces la vaguedad conceptual refleja una nebulosidad o indeterminación objetiva, no en el sentido de que los hechos sean confusos, pero sí en el de que entre los géneros naturales hay a menudo *formas de transición*. Estas formas de transición impiden una demarcación tajante, dan lugar a vaguedad conceptual y pueden arruinar incluso clasificaciones. Hay dos ejemplos característicos de esto, que nunca han dejado de suscitar dificultades: los elementos de transición en química y las especies biológicas intermedias.

Al disponer los elementos químicos según el número de electrones de la última capa, como suele hacerse, se presentan dificultades cuando esa capa ha empezado a formarse antes de que estuviera completa alguna capa interna, cosa que no es nada rara, puesto que el clasificador no ha tomado en consideración las capas internas. Así, por ejemplo, el hierro, el cobalto y el níquel tienen cada uno dos electrones en su capa externa; por tanto, según una vieja opinión, tendrían que colocarse en una misma columna (grupo VIII) de la tabla periódica; pero esto arruinaría la ordenación respecto del número atómico. En este caso tiene éxito el expediente, ya indicado, de llevar a cabo una división más fina: el grupo VIII se subdivide en tres subgrupos.

Las especies biológicas de transición plantean un problema aún más difícil. En primer lugar, porque la gradación es menos discontinua que la de los elementos químicos. En segundo lugar, porque la vaguedad de los conceptos afectados es mucho mayor que en el caso de la química, que conoce al menos suficientemente algunas propiedades esenciales o troncales, como el número atómico y la distribución de los electrones en capas. Considérese, por ejemplo, el problema de la clasificación de los therápsidas (*Cynodontia* y *Bauriamorpha*). Se trata de un grupo de transición, hoy extinguido, situado entre los reptiles y los mamíferos. Si se toman como definitorios (como notas inequívocas) algunos caracteres puramente esqueléticos, *Therapsida* se clasificará en *Reptilia*. Pero si se eligen como notas inequívocas ciertos caracteres fisiológicos razonablemente inferidos por los especialistas, se podrá situar a *Therapsida* en *Mammalia*. Se han propuesto las dos soluciones, y no se ha llegado a un acuerdo. Por lo demás, ni en este punto ni en nin-

gún otro problema taxonómico puede alcanzarse un acuerdo a menos de tener previamente formulados y aceptados los *criterios* de clasificación. Siempre son, en efecto, posibles diversas clasificaciones, y todas lógicamente correctas, basadas en criterios diversos. Discutir las posibles consecuencias —por ejemplo, la complicación— que puede tener la colocación de una forma de transición en tal o cual clase, sin haber coincidido antes acerca del *fundamentum divisionis*, es una pura pérdida de tiempo.

*Planteemos de un modo general el problema de la *clasificación de las formas de transición*. Sean C_1 y C_2 dos conceptos de clase, por ejemplo los de reptil y mamífero, y sea C_{12} un tercer concepto, que refiere a un grupo como *Therapsida*, situado en algún lugar entre C_1 y C_2 . Convendremos en que C_{12} es un *grupo de transición* si y sólo si su intersección con las partes comunes de C_1 y C_2 no es vacía (o sea, si $C_{12} \cap (C_1 \cap C_2) \neq \emptyset$). Supongamos además que cada uno de los tres conceptos está claramente definido por sus notas inequívocas (cf. sec. 2.3), del modo siguiente:

$$\begin{aligned} C_1x &=_{\text{df}} R_1x \ \& \ R_2x \ \& \ \dots \ \& \ R_rx \\ C_{12}x &=_{\text{df}} T_1x \ \& \ T_2x \ \& \ \dots \ \& \ T_tx \\ C_2x &=_{\text{df}} M_1x \ \& \ M_2x \ \& \ \dots \ \& \ M_mx \end{aligned}$$

(Los números de notas inequívocas pueden ser o no ser los mismos; especies íntimamente relacionadas pueden presentar una homología bastante completa entre diferentes caracteres, pero categorías taxonómicas más altas, como las clases, no serán, en general, homólogas, y, consecuentemente, diferirán también en el número de sus notas inequívocas. Además, el número de notas inequívocas no depende sólo del objeto de estudio, sino también de nuestro conocimiento; así, por ejemplo, sin duda conocemos mejor a las moscas drosófilas que a los hombres, y a unas y otros mejor que a los therápsidas.) Los datos de nuestro problema son de este tenor: la forma de transición C_{12} tiene tales y cuales caracteres en común con C_1 y tales y cuales otros en común con C_2 . En resolución: se nos dan las intersecciones de las intensiones de los tres conceptos afectados, y el problema es: ¿Dónde colocaremos a C_{12} ?

Una solución para ese problema requiere un examen detallado de las relaciones entre las intensiones de los tres conceptos. Puesto que hemos definido “intensión” como un conjunto (de propiedades), podemos facilitar la discusión dibujando diagramas de Euler-Venn en los cuales los círculos simbolizan haces de propiedades, no conjuntos de individuos. Los casos que satisfacen nuestra definición de “grupo de transición” se ilustran en la fig. 3.3; son:

(i) La intención nuclear de C_{12} es una parte propiamente dicha de la intención nuclear de C_1 ; C_1 tiene todas las notas inequívocas de C_{12} y, además, algunas propias suyas (o sea: $r > t$).

(ii) La intención nuclear de C_{12} es una parte propia de la intención nuclear de C_2 ; C_2 tiene, además de las notas inequívocas de C_{12} , otras propias suyas ($m > t$).

(iii) La intención nuclear de C_{12} está incluida en la intersección de las intensiones nucleares de C_1 y C_2 (o sea: $C_{12} \subseteq C_1 \cap C_2$, y $t < r$, $t < m$).

(iv) La intención nuclear de C_{12} contiene la intersección de las intensiones nucleares de C_1 y C_2 (o sea: $C_1 \cap C_2 \subseteq C_{12}$).

(v) La intensión nuclear de C_{12} se solapa parcialmente con la intersección de las intensiones nucleares de C_1 y C_2 , pero sin que se cumpla ninguna de las condiciones anteriores.

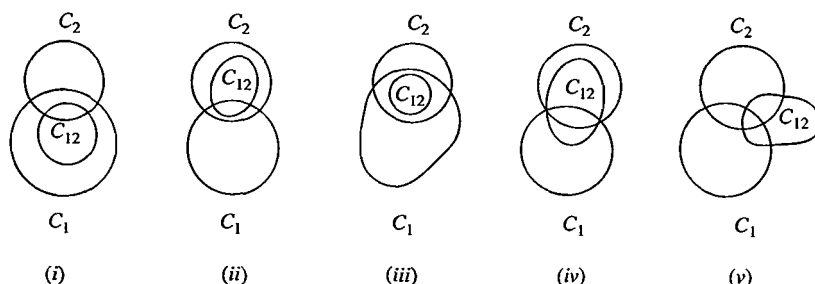


FIGURA 3.3. Las relaciones posibles (en intensión) entre el grupo de transición C_{12} , su antepasado inmediato y su descendiente inmediato.

Hasta el momento no se ha puesto en claro cuál de las anteriores posibilidades lógicas es la realizada en la naturaleza; consiguientemente, no puede imponerse decisión alguna respecto de los lugares respectivos de *Reptilia*, *Therapsida* y *Mammalia*. Ninguna decisión fundada puede tomarse sino después de haber establecido, provisionalmente al menos, las indicadas relaciones de clases. Cuando puedan establecerse, la decisión se tomará de acuerdo con las siguientes reglas:

- (i) Si la realizada es la posibilidad (i), *Therapsida* se incluirá en *Reptilia*.
- (ii) Si la realizada es la posibilidad (ii), *Therapsida* se incluirá en *Mammalia*.
- (iii) Si se realiza alguna de las otras posibilidades (iii)-(v), *Therapsida* se considerará como un grupo separado.

Incluso cuando puede hacerse una distinción tajante, ésta puede no ser definitiva, porque el criterio de clasificación puede no ser completamente adecuado; además, puede perfectamente haber más de un criterio o *fundamentum divisionis*, como ocurre frecuentemente cuando se trata de rangos de una jerarquía. Así, por ejemplo, puede ser deseable el completar las consideraciones morfológicas con otras independientes de ellas, sobre todo teniendo en cuenta que, como sabemos, la morfología sola es insuficiente y lleva a error. Entre esas consideraciones suplementarias habrá que aducir la semejanza de varias líneas evolutivas correspondientes a las diversas agrupaciones posibles. (Así, si los therápsidas se clasifican con los reptiles, habrá que inferir que los mamíferos se han desarrollado a partir de ellos y en líneas paralelas, que serán de cuatro a nueve: origen polifilético. En cambio, si los therápsidas se incluyen entre los mamíferos, habrá que inferir un origen monofilético de éstos. Ahora bien: parece improbable la hipótesis de que la nebulosa zona limítrofe entre los reptiles y los mamíferos fue atravesada independientemente por 4-9 líneas diferentes de reptiles parecidos a los mamíferos: puesto que la probabilidad de tal complejo de acontecimientos es igual al producto de las diversas posibilidades de transición—cada una de las cuales es menor que la unidad—, puede hablarse de una probabilidad muy baja. Esta observación teórica, que no es ni mucho menos con-

cluyente, habla en favor de la solución de incluir *Therapsida* en *Mammalia* o de concebirlas como una clase por sí mismos. Filosóficamente es irrelevante la cuestión de si esta argumentación tiene o no tiene peso: la hemos expuesto sólo para ilustrar el tipo de consideraciones que pueden servir para resolver los problemas planteados por las formas de transición. Como dijimos en la sec. 2.5, la taxonomía no es una ciencia independiente ni puede progresar separadamente de la teoría.)

Sea de ello lo que fuere, concluiremos diciendo que antes de proponer solución alguna para un problema referente a la situación de un grupo de transición en la sistemática biológica hay que llevar a cabo las siguientes tareas: (i) determinar las intensiones nucleares de los principales conceptos afectados; (ii) hallar sus relaciones lógicas; (iii) discutir la situación a la luz de principios generales de la teoría biológica (relativos, por ejemplo, a la viabilidad de las líneas de descendencia en principio imaginables que acompañarían a cada una de las relaciones entre las cuales hay que decidir). Nos bastará esta discusión para admitir que el trabajo taxonómico puede llegar a ser tan complejo y refinado, lógico y teóricamente, como se desee.*

Vamos a terminar. Puede afinarse la significación de los signos, y reducirse la vaguedad de los correspondientes conceptos, si no enteramente, al menos sustancialmente y de diversos modos. La vaguedad extensional puede comprimirse introduciendo divisiones más finas o adoptando criterios prácticos que no necesiten adentrarse hasta el fondo del asunto, así como ejecutando las correspondientes operaciones empíricas. Y la vaguedad intensional puede reducirse mediante el análisis lógico y la investigación teórica, especialmente multiplicando las relaciones constantes (enunciados legaliformes) en las cuales se presentan los conceptos dados, así como desplegando la estructura de la teoría en la cual están incorporados. Consecuentemente, la significación de un signo –que, según nuestro punto de vista, se compone de la intensión y la extensión del concepto correspondiente– no puede afirmarse con sólo operaciones empíricas. La significación de los conceptos no-formales se especifica gradualmente mediante una combinación de investigación teórica e investigación empírica. Consideremos ahora más de cerca los varios procedimientos de dilucidación.

Problemas

3.1.1. No hace falta conocimiento especializado para averiguar si un teléfono funciona bien o no: basta un poco de habilidad práctica. En cambio, hace falta algún conocimiento de ingeniería de telecomunicaciones para precisar la connotación de “teléfono en buen funcionamiento”. Describir esta situación con los términos dilucidados en el texto. *Problema en lugar del anterior*: Discutir la relevancia de la ambigüedad y la vaguedad para el planteamiento de problemas. Indicación: Empezar por analizar cuestiones como “¿Qué es x?” y “¿Cuánto es algo?”

3.1.2. La lógica tradicional de los conceptos sostiene que la intensión y la extensión de los conceptos son inversas en el sentido de que los conceptos más extensos (por ejemplo, “objeto”) son los que connotan menos propiedades. Determinar (i) si “centauro” ejemplifica esa doctrina, y (ii) si la existencia de conceptos de denotación fija e intensión variable (ejemplificar) concuerda con esa doctrina.

3.1.3. ¿Sostendríamos que toda persona es o calva o no calva? En caso negativo, ¿inferiría-

mos que la ley de tercio excluso no es universalmente válida, o diríamos más bien que la ley no se aplica más que cuando los conceptos son precisos? Cf. B. Russell, "Vagueness", *The Australasian Journal of Psychology and Philosophy*, I, 84, 1923, y S. Körner, "Deductive Unification and Idealisation". *British Journal for the Philosophy of Science*, xiv, 274, 1964.

3.1.4. Discutir las siguientes propuestas para medir la vaguedad de una proposición a base de la vaguedad de los conceptos presentes en ella. (i) La vaguedad de una proposición es igual a la vaguedad del más vago de todos los conceptos que intervienen en ella. (ii) La vaguedad de una proposición es igual a la suma de la vaguedad de los conceptos que la constituyen, dividida por el número de dichos conceptos. Considérense, para empezar, las siguientes sencillas formas proposicionales: $p_1 = c \in A$ y $p_2 = A \subset B$, siendo A y B clases y c un individuo. Supongamos además que los conceptos formales son totalmente determinados, o sea, que $V(\epsilon) = V(\subset) = \langle 0, 0 \rangle$. Si se admite además que c es preciso, ambas propuestas dan el mismo resultado como vaguedad total para p_1 , a saber: $V(p_1) = V(A)$. En cambio, la medida de vaguedad difiere para p_2 . En efecto, llamando a $V(A)$ $\langle a_1, a_2 \rangle$, y a $V(B)$ $\langle b_1, b_2 \rangle$, y suponiendo que $a_1 \geq b_1$ y $a_2 \geq b_2$, la primera propuesta da como resultado $V(p_2) = V(A) = \langle a_1, a_2 \rangle$, mientras que la segunda (si $V(A) > V(B)$) da $V(p_2) = \langle \frac{1}{2}(a_1 + b_1), \frac{1}{2}(a_2 + b_2) \rangle$. Para un enfoque diferente, que utiliza los conjuntos borrosos, véase J. A. Goguen, "The logic of inexact concepts", *Synthese*, 19, 325-373, 1969.

3.1.5. Distinguir entre el concepto semántico de vaguedad y el concepto psicológico de oscuridad y relacionarlos. *Problema en lugar del anterior*: A veces, un autor científico utilizará deliberadamente una fraseología elusiva (vaga), no por deshonestidad intelectual, sino, por el contrario, porque el uso de expresiones más determinadas exigiría un conocimiento más preciso que el existente. Así, por ejemplo, se habla de semejanza o afinidad de organismos, o de la onda de De Broglie, asociada a un electrón, y no se dice que sea idéntica con él, ni que lo guíe, porque la hipótesis de identidad y la hipótesis de la onda-piloto han dado lugar a difíciles problemas, mientras que el concepto de asociación no compromete a nada mientras se dejen sin determinar la naturaleza y el mecanismo de dicha asociación. Ofrecer más ejemplos de vaguedad deliberada y honrada, y obtener algunas consecuencias sobre las relaciones entre el lenguaje y el conocimiento. Por último, comparar este tipo de vaguedad con la oscuridad de ciertas filosofías.

3.1.6. Las especies vegetales y animales constan frecuentemente de varias subespecies que difieren entre sí genética, morfológica y ecológicamente. Dicho de otro modo: muchas especies son complejas o politípicas. Un criterio habitual para agrupar individuos en una subespecie dada es éste: si por lo menos el 75% de los ejemplares de la población accesible pueden distinguirse inequívocamente de los de una población contigua, entonces constituyen una subespecie. Determinar, sobre la base de esa regla de decisión, el grado máximo de vaguedad extensional del concepto "subespecie".

3.1.7. La vaguedad de conceptos por lo que hace a las formas de transición. ¿se debe sólo a nuestra ignorancia, o corresponde también de un modo u otro a la realidad? ¿Sería posible eliminar esa vaguedad introduciendo, por ejemplo, conceptos cuantitativos de reptilidad y mamiferidad, por así decirlo? *Problema en lugar del anterior*: La existencia de casos limítrofes, ¿hace que la teoría de conjuntos sea inaplicable a la taxonomía?

3.1.8. Estudiar el estado actual de la cuestión del origen de los mamíferos y la clasificación de las especies intermedias entre los reptiles y los mamíferos.

3.1.9. ¿Debe ser el trabajo taxonómico predominantemente empírico o especulativo? En particular: la ordenación de caracteres diagnósticos según su importancia, ¿debe basarse en el ámbito de constancia entre los miembros de un grupo, o debe adecuarse a un tipo ideal (arquetipo, *Bauplan*) imaginado *a priori*, independientemente de la búsqueda de constancias? ¿O bien es este dilema falso, y existe la posibilidad de combinar la búsqueda empírica de constancias con consideraciones teóricas que las expliquen?

3.1.10. No siempre es posible determinar si todo enunciado de una clase de enunciados es verdadero o falso. Cuando una clase de enunciados es tal que no resulta posible una división tajante entre los enunciados falsos y los verdaderos, se dice que es una *clase indeterminada*. Estudiar este problema de la vaguedad del concepto de conjunto de enunciados.

3.2. EXACTIFICACIÓN

Los conceptos se engendran y se crían de diversos modos: construyendo clases (p.ej., “mamífero”), agrupando clases en clases más amplias (p.ej., “vertebrado”), descubriendo relaciones (p.ej., “ascendencia”), inventándolos (p.ej., “evolución”), etc. Ninguno de esos procedimientos es metódico, esto es, no se conocen para ellos procedimientos estandarizados (técnicas) de *formación de conceptos*. A lo sumo hay indicaciones anticonceptivas, como “No rebasar la observación”. Los conceptos se forman espontáneamente, a medida que crece el conocimiento común o especializado; después de todo, los conceptos no son más que píldoras de conocimiento. De este modo más o menos vago nacen y se desarrollan los conceptos.

Una vez concebido un concepto tolerablemente vago, puede ser deseable y posible *dilucidarlo*, esto es, precisar su significación. La filosofía y la ciencia tienen procedimientos determinados, o sea, técnicas, para esa precisión de signos y conceptos. Las técnicas de dilucidación conceptual pueden clasificarse en tres grupos: (i) *interpretación* por referencia a lo que el signo o concepto representa; (ii) *análisis*, o sea, definición por ejemplo; (iii) *síntesis*, o construcción de un conjunto ordenado de enunciados (teoría) en el cual el concepto en cuestión se presenta ya como ladrillo de la construcción (concepto no-definido), ya como idea definida. El procedimiento de dilucidación consistente en insertar el concepto en una teoría se examinará en el capítulo 7; en el presente estudiaremos la interpretación y el análisis.

Del mismo modo que los seres vivos presentan huellas de procesos evolutivos, así también todo sistema de conceptos científicos presenta los estadios de su propia evolución desde la forma primitiva a las progresadas. En los contextos científico y tecnológico podemos, en efecto, distinguir entre tres niveles de conceptos por lo que hace a su finura: (i) *conceptos tomados del conocimiento común* (p. ej., “fuerza muscular”); (ii) *afinamientos de conceptos tomados del conocimiento común* (p. ej., “fuerza” en física); (iii) *conceptos de introducción nueva* (p. ej., “entropía”). Ningún elemento del discurso científico se mantiene enteramente al nivel conceptual inferior: si lo hiciera, no rebasaría el conocimiento común (sec. 1.1). Y ninguna ciencia queda totalmente encerrada en el nivel superior: si lo hiciera, sería incapaz de establecer contacto con la experiencia, y, por tanto, de explicarla y de beneficiarse de ella. Toda rama de la ciencia, tanto pura como aplicada, contiene enunciados que establecen vínculos entre conceptos que pertenecen a los diversos niveles de artificialidad conceptual; esos vínculos no eliminan las peculiaridades de los conceptos: por ejemplo, no son definiciones que nos permitan reducir todos los conceptos científicos a conceptos ordinarios. (Sobre la relación entre conceptos de nivel alto y conceptos observacionales, cf. secs. 8.4, 15.3, y 15.6.)

Se ha negado por varias razones que el progreso científico quede frecuentemente sellado por la invención de ideas radicalmente nuevas. Aduciremos aquí dos de esas razones. Se dice, en primer lugar, que el pensamiento no puede sino reflejar, a lo sumo, la realidad (materialismo primitivo) o la experiencia (empirismo primitivo), y que, consiguientemente, no puede haber invención o creación de ideas. Pero sólo las teorías factuales propiamente dichas, o sea, sistemas que contienen conceptos teoréticos (cf. sec. 2.6), pueden dar razón de la realidad y del subconjunto de la misma que es la experiencia. Una objeción, menos divulgada, contra la posibilidad de que haya novedad conceptual es fruto de algunos de los inventores de la mecánica cuántica, la cual se caracteriza, precisamente, por una novedad rara vez alcanzada por anteriores teorías. Esos autores, muy paradójicamente, han sostenido que una teoría factual no puede introducir conceptos radicalmente nuevos porque los resultados de la observación y del experimento se describen en gran parte con términos del lenguaje ordinario. Esta objeción se debe a la difundida confusión entre lo que dice una teoría y el modo como se la somete a contrastación. Esta confusión entre significación y contrastabilidad se encuentra en la raíz de la filosofía operativista de la ciencia (cf. sec. 3.6). Además, tampoco es del todo verdad que la descripción de las observaciones y los experimentos científicos puedan realizarse siempre con sólo conceptos ordinarios. El genetista que manipula ácidos nucleicos no será capaz de evitar términos teoréticos para describir los resultados de sus experimentos, y aún menos podrá hacerlo al explicar esos experimentos. Aún más: ya el mero plan y la interpretación de sus experimentos requerirán conceptos técnicos, porque tanto el planeamiento de experimentos como la lectura de los instrumentos suponen hipótesis y sistemas de hipótesis. La pureza de la ciencia no se consigue por el procedimiento de mantenerse al nivel del sentido común, sino fundamentando y contrastando las conjeturas.

El no atender más que a los resultados de las operaciones empíricas despreciando las ideas que les subyacen, dará una imagen deformada del conocimiento científico y una epistemología vulgar, según la cual la ciencia no es más que sentido común afinado (sec. 1.1). Además, puede dar lugar al estancamiento científico. Un ejemplo de ello es la habitual resistencia de muchos físicos a inventar conceptos nuevos para dar razón de los graves problemas irresueltos planteados por el inesperado comportamiento de partículas elementales y núcleos atómicos. Es muy posible que, igual que el paso de la macrofísica a la microfísica requirió la invención de nuevas ideas, así también el paso ulterior, tan necesario, a los niveles de organización recientemente descubiertos requiera la introducción de ideas radicalmente nuevas. En última instancia, la materia tiene en esos niveles propiedades que las teorías disponibles hoy no nos permiten entender. Nuevos niveles, nuevos conceptos; y a la inversa: cuando se dispone de nuevas ideas, puede esperarse el descubrimiento de nuevos niveles. Y a veces las ideas que guiaron a la investigación en el descubrimiento de nuevos campos resultan valer para esos ámbitos, al menos en una primera aproximación.

Una vía corriente (pero no un método) de progreso conceptual es la *exportación* de ideas (de conceptos, particularmente) fuera de su contexto originario. Por ejemplo, el concepto de tensión (estrés) ha sido exportado con provecho de la física a la psicología y la sociología. Pero, a menos de que se lleve a cabo muy cuidadosamente, una tal exportación de conceptos técnicos puede dar lugar a confusión. Tal fue lo que ocurrió cuando

el término ‘campo’ fue tomado de la física por algunos biólogos (“campo morfogenético”) y psicólogos, con la implicación de que se trataba de algo así “como” campos de fuerza físicos, pero sin indicaciones acerca de la naturaleza, la estructura y la medición del campo. Para ser fructíferos, los términos exportados tienen que cubrir por lo menos el concepto inicial, y tienen que sugerir nuevos problemas fecundos, o ser asimilados por una teoría científica del nuevo campo; el concepto exportado no debe usarse metafóricamente, o para dar la apariencia de un planteamiento científico, ni para disimular la pobreza conceptual. Tomados en sí mismos, los signos no son ni buenos ni malos.

Algunos conceptos no son exportables en ningún caso: designan cosas, propiedades o hechos peculiares a un campo determinado. Así, una exportación del concepto de vida daría lugar al animismo; y el concepto de máquina, si se amplía excesivamente, lleva a una ontología mecanicista que pierde riqueza de niveles. Otros conceptos son inextensibles, en el sentido de que son *rígidos*: son conceptos de clase, como “gato” y “reposo”, que no pueden dar origen a conceptos relacionales, y aun menos, por tanto, a conceptos cuantitativos (cf. 2.2). El concepto de reposo es rígido por la siguiente razón: de un cuerpo tenemos que decir que está en reposo o no está en reposo respecto de un marco de referencia; no podemos decir que está más o menos en reposo que otra cosa, ni tampoco, naturalmente, que esté en reposo lento o rápido: hablar así sería autocontradictorio. Por otro lado, su dual, el concepto de movimiento, es en cambio *flexible*: puede calificarse (por ejemplo, “movimiento rápido”) y cuantificarse (por ejemplo, “movimiento a 1 000 km/h”). Para evitar las paradojas de los presocráticos respecto del concepto de cambio basta pasar del concepto de reposo al de movimiento: una vez sustituido el concepto estático de ser 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 $y =_{df} x$ no se mueve respecto de y ”. (O bien, si se necesita el concepto cuantitativo de movimiento: “ $R(x, y) =_{df} [V(x, y) = 0]$ ”). 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 (cf. sec. 1.6). Esta deformación del concepto ha sido parte del progreso de la ciencia. Otras defor-

maciones 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 (cf. 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: ($\mathcal{P} = \{x \mid P(x)\}$). 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: " $\text{Vida} =_{\text{df}} \{x \mid x \text{ es un ser vivo}\}$ ". 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 $P_1, P_2, \dots, P_m$ procediendo luego a construir las clases correspondientes $\mathcal{P}_1, \mathcal{P}_2, \dots, \mathcal{P}_m$ para tomar por último su parte común: $\mathcal{D} = \mathcal{P}_1 \cap \mathcal{P}_2 \cap \dots \cap \mathcal{P}_m$. Este segundo procedimiento requiere, naturalmente, cierto básico conocimiento biológico que vaya más allá de la mera descripción de la vida ani-

mal 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 intersección $\mathcal{P} \cap \mathcal{Q}$ respecto de la medida de $\mathcal{P}$, o sea, podemos calcular la razón $M(\mathcal{P} \cap \mathcal{Q})/M(\mathcal{P})$. Si este número satisface ciertos requisitos (los axiomas de la teoría de la probabilidad), puede interpretarse como la probabilidad de que un miembro del conjunto $\mathcal{P}$ sea también miembro del conjunto $\mathcal{Q}$. Una vez realizado este paso, puede aplicarse un nuevo cálculo, la teoría de la probabilidad, para ampliar el campo de estos conceptos y afinarlos. Entonces pueden introducirse y relacionarse unos con otros conceptos nuevos. Un par de ejemplos nos bastarán para mostrar lo potente que es esta técnica de dilucidación.

El enrevesado concepto de *posibilidad* puede dilucidarse a base del concepto de probabilidad, del modo siguiente: “ x es posible =_{df} hay un conjunto y , tal que todo miembro de y tiene una determinada probabilidad, y x pertenece a y ”. Dicho aún más brevemente: es posible todo lo que es probable. Si la probabilidad en cuestión —un número positivo menor que la unidad— puede tomar también el valor cero, entonces el concepto de posibilidad así precisado puede subsumir también el concepto de imposibilidad, más o menos como el concepto de reposo se ha convertido en un caso particular del de movimiento; del mismo modo que “reposo” se ha identificado con “movimiento de velocidad cero”, así también “imposibilidad” se identifica entonces con “probabilidad cero”. La precisión de conceptos por cuantificación puede así llevar a la disolución de viejas oposiciones de conceptos: muchas de estas supuestas oposiciones de conceptos resultan pues de un análisis primitivo e insuficiente que no veía más que los extremos e ignoraba las ricas gradaciones intermedias.

Análogamente, el concepto intuitivo o presistemático de *falibilidad* puede precisarse y, al mismo tiempo, ampliarse para su aplicación a una clase abierta de objetos: herramientas, máquinas, instituciones, teorías, amigos, etc. Efectivamente: la falibilidad de x puede definirse como la probabilidad del fallo de x en un determinado respecto durante un determinado intervalo temporal. El valor numérico de la falibilidad de algo puede entonces medirse, al menos en casos simples, por el porcentaje de fallos a largo plazo (dividido por el lapso total de tiempo, o número de unidades de tiempo). Y la *fiabilidad* de un objeto puede entonces definirse como el complemento de su falibilidad, o sea, como la probabilidad de que el objeto opere sin fallo en el respecto considerado y durante un lapso de tiempo determinado: $F(x) = 1 - P(x)$. De este modo tan incruento puede conseguirse que enteras masas de importantes conceptos queden sujetos a la lógica, el cálculo y la medición.

El progreso de la ciencia ha dependido en gran medida de la capacidad de aprovechar conceptos potentes y desprovistos de contenido empírico, especialmente los que se encuentran ya listos para el uso en la lógica y en la matemática. Biólogos, psicólogos, sociólogos, especialistas en gestión empresarial, estrategias y hasta filósofos hacen hoy día rápidos progresos en la medida en que descubren que algunos conceptos clave, como los

de conjunto, orden, función y probabilidad, pueden usarse como instrumentos para la precisión de conceptos y para la construcción de teorías. (Hasta hace muy poco, los especialistas de la ciencia de la conducta no habían usado el concepto de probabilidad más que a propósito de la contrastación de hipótesis estadísticas, de la forma, por ejemplo: “La probabilidad de que un miembro de una clase $\mathcal{P}$ sea también miembro de la clase $\mathcal{Q}$ es igual a la fracción p ”. Ahora piensan ya con conceptos probabilitarios, es decir, intentan formular enunciados que se refieren a la conducta y en los cuales el concepto de probabilidad aparece de un modo esencial. Dicho de otro modo: la probabilidad se usa ya en la construcción de teorías de la conducta, y no sólo en la contrastación empírica de las mismas.) Algo parecido debe ocurrir a quienes trabajan en la clasificación de objetos de varios géneros: estas personas se darán cuenta de que la teoría de conjuntos, la teoría de retículos y otras teorías matemáticas cualitativas (no-numéricas), suministran el esqueleto formal propio de la sistemática (de la taxonomía biológica, por ejemplo), y cuando se den cuenta de ello, mucho trabajo que es aún protocientífico llegará a ser científico. La idea de que la matemática no es más que un instrumento para calcular valores numéricos sigue aún influyendo en mucha gente, pero su caducidad se está difundiendo rápidamente: todos se van dando cuenta de que, aparte de su valor intrínseco, la matemática es muy valiosa para la ciencia factual porque es un instrumento de precisión de conceptos, de planteamiento y formulación de problemas, de formulación de conjeturas, de derivación de consecuencias lógicas, y, consiguientemente, de construcción de teorías. En resolución: la matemática es un instrumento para el perfeccionamiento y el progreso del pensamiento y de su expresión (cf. sec. 8.2). Ni los diccionarios ni los filósofos del lenguaje pueden aspirar a competir con la matemática en la tarea de precisar los conceptos.

Hemos aceptado como un hecho que los conceptos bien educados son preferibles a los caprichosos; pero los oscurantistas desean precisamente lo contrario, a saber, la máxima vaguedad de conceptos. Para un hombre ilustrado, la precisión de los conceptos es a la vez un fin en sí misma y un medio para el ulterior progreso conceptual. También se da como un remedio para terminar con querellas poco fundadas y favorecer el acuerdo, pero ésta es una ilusión más bien ingenua: cuanto más vagos son los conceptos de un contexto, tanto más fácil es el desencadenar una controversia y el terminarla con un acuerdo; mientras que cuanto más determinados sean los conceptos, tantos más serán los matices de opinión que se manifiesten. (Recuérdense los muchos modos como se ha leído la regla de Ockham: “No hay que multiplicar los entes sin necesidad”.) Los conceptos no se precisan para disminuir las discrepancias entre los hombres, sino para aumentar la fecundidad de la investigación y de la discusión.

La precisión de los conceptos es un aspecto del proceso del conocimiento. La evolución de éste no consiste, efectivamente, en amontonar nueva información —como creen algunos caricaturistas— sino en un proceso creador y selectivo que gira en torno a la invención y el perfeccionamiento de ideas. La precisión de los conceptos tiene un papel indispensable en ese proceso: no puede sustituir a la invención original de oscuras ideas en embrión, pero sí ayuda a desarrollarla. Hay que insistir mucho en los dos aspectos de esta situación, porque el papel de la precisión de los conceptos como operación del proceso del conocimiento ha sido exagerado por algunos filósofos y despreciado por muchos científicos. La primera tendencia es comprensible: en última instancia, los filósofos

se ocupan sobre todo de ideas, y se supone que son por profesión especialistas del análisis conceptual. Y la exageración en el sentido contrario tampoco es sorprendente, teniendo en cuenta la difundida creencia de que la ciencia, a diferencia de la filosofía, no se ocupa de símbolos ni de sus designata como tales, sino sólo de “sólidos hechos”. ¿No empezaron la ciencia y la filosofía modernas como una rebelión contra el huerio verbalismo de un escolasticismo decadente? El lema de la Royal Society de Londres es *Nullius in verba*, “Nada en las palabras”; se trata de una consigna de la filosofía de Bacon, concebida como “una filosofía de obras, no de palabras”. Pero se trata, naturalmente, de una ilusión: la ciencia es un sistema de ideas expresadas por signos, y muchos problemas de la investigación científica son discusiones acerca de las significaciones de signos, verbales o no verbales.

El reconocimiento de que una determinada discusión depende en última instancia de la especificación de la significación de un término puede reorientar todo un tema. Así, por ejemplo, discusiones acerca de si los virus son seres vivos, de si las abejas tienen una cultura o de si las calculadoras automáticas piensan, requieren una aclaración de los términos ‘vida’, ‘cultura’ y ‘pensamiento’, respectivamente. Muy a menudo hay que proponer así nuevas definiciones que dan a viejos términos significaciones más o menos nuevas. Cuando se introduce un concepto completamente nuevo, puede ser necesario acuñar un nombre también nuevo para el mismo. Pero hay que ser parsimoniosos en la introducción de neologismos, para evitar una hinchazón innecesaria de los vocabularios. La multiplicación de signos puede a veces no tener más objetivo que esconder vaciedad, como tan a menudo ocurre en la protociencia y la pseudociencia. Pero un exceso de parsimonia en esta cuestión de los neologismos puede tener también consecuencias turbadoras. Así, por ejemplo, desde 1650 hasta 1850 aproximadamente, el término ‘fuerza’ cubrió por lo menos cuatro conceptos diversos, aunque relacionados: los de fuerza muscular, fuerza mecánica, energía y potencia. Si se hubiera introducido tres términos nuevos, se habría podido evitar largas y complicadas discusiones basadas en parte en la ambigüedad del término. La aclaración definitiva de este caso supuso efectivamente una tal multiplicación de palabras, pero no fue resultado de investigación filosófica ni de análisis lógico, sino del descubrimiento de la conservación de la energía, hecho que puso en primer plano dicho concepto de energía. Esto es un ejemplo –dicho sea incidentalmente– de que los conceptos más importantes de la ciencia factual son los que se presentan en enunciados legaliformes; por eso ya la mera formulación y la interrelación de leyes es un real procedimiento para precisar la significación de los símbolos científicos. Este hecho no se ha entendido hasta hace muy poco tiempo.

El hecho es que durante dos milenios ha prevalecido la doctrina aristotélica según la cual (i) la definición es el procedimiento por el cual se asigna significaciones a los signos (a las palabras o a los signos no verbales), y (ii) la forma perfecta de definición es la que se hace mediante el género y la diferencia –como en el caso “Dos es el más pequeño número par”, definición en la cual el género es la clase de los números pares, y ‘el más pequeño’ designa la diferencia específica entre 2 y los demás miembros de su género. Hoy día admitimos la existencia de diversos procedimientos para determinar signos y las ideas correspondientes. Podemos especificar la significación de un signo de modo más o menos completo y por diversas vías: por ejemplificación, por descripción informal y parcial

del designátum del signo (la llamada definición real), por clasificación, por definición, por la construcción de una teoría y tal vez por otras vías más. Nos hemos dado cuenta de que la definición no es más que uno de esos procedimientos, y sin duda mucho menos importante que la construcción de teorías. Además hemos aprendido que el intento de definir todo concepto nos hace caer en circularidad, como muestran las definiciones del diccionario, y que el modo de evitar ese vicio en un contexto dado consiste en empezar por admitir un conjunto de conceptos no-definidos (primitivos) que pueden aclararse mediante observaciones y ejemplos, pero, sobre todo, lo son por el papel que desempeñan en el sistema, y que sirven para definir todos los demás conceptos de dicho sistema. Pero el prestigio tradicional de la definición es tal que sigue llamándose así, demasiado frecuentemente, a todo procedimiento mediante el cual se *determine* en alguna medida el contenido y la función de símbolos.

Terminemos estas observaciones generales acerca de la precisión de conceptos clasificando los procedimientos de dilucidación desde un punto de vista semántico. La significación de un signo puede especificarse ya a base de otros signos, ya por referencia a objetos no lingüísticos. En el primer caso podemos hablar de una relación *signo-signo*, y en el segundo de una relación *signo-hecho*. Una definición como “Aislante =_{df} no-conductor” es claramente una relación signo-signo. En cambio, “‘H’ es el símbolo del hidrógeno”, lejos de mantenerse enteramente en el nivel lingüístico, establece una relación entre un objeto lingüístico y un objeto físico. Tales relaciones dadoras de significación entre signos y objetos no-lingüísticos se llamarán *refericiones*. Distinguiremos dos géneros de refericiones: refericiones de signo-experiencia —por referencia a esta última— y refericiones de signo-objeto físico, que apuntan a signos o acontecimientos objetivos. Así, “Hagamos que ‘ $V(x, y)$ ’ denote el valor subjetivo (utilidad) atribuido por un sujeto x a un objeto y ” es una referición signo-experiencia. En cambio, “Hagamos que ‘ E_n ’ denote el n -ésimo nivel de energía del átomo” es una referición signo-objeto físico. Como veremos, ciertas filosofías niegan la mera existencia de refericiones de este último género.

Estudiaremos ahora las definiciones y luego las refericiones.

Problemas

3.2.1. Examinar la exposición de la formación de conceptos dada por Sexto Empírico en *Adversus Mathematicos* [traducción inglesa de R. G. Bury, “Against the Professors”, en *Works*, Londres, Heinemann, 1949, vol. IV], libro III. Obsérvese particularmente su crítica de la concepción empirista de los conceptos geométricos, supuesta en pseudodefiniciones como “La superficie es el límite de un cuerpo” o “La línea es el límite de una superficie”. *Problema en lugar del anterior*: Discutir la doctrina aristotélica de la formación de conceptos, más tarde adoptada por los empiristas, y según la cual todo concepto se forma por abstracción a partir de algunos datos de experiencia.

3.2.2. Examinar algunos conceptos borrosos que figuran en la literatura de la psicología y de los estudios sociales, tales como los de unidad del alma, memoria colectiva, utilidad subjetiva, fuerza social y residuo. Véase, por ejemplo, P. Sorokin, *Fads and Foibles in Modern Sociology and Related Sciences* (Chicago: Henry Regner, 1956); G. A. Miller, *Mathematics and Psychology*

(Nueva York: Wiley, 1964); M. Bunge, *Finding Philosophy in Social Science* (New Haven CT: Yale University Press, 1996) [*Buscar la filosofía en las ciencias sociales*, México, Siglo XXI, 1999].

3.2.3. Repasar la dilucidación progresiva de algún concepto científico y precisar sus deformaciones, si ocurrieron.

3.2.4. Discutir la eliminación del problema de la vaguedad del par “alto” y “bajo”, conseguida sustituyendo ambos conceptos por el concepto cuantitativo único de altura, cuya variable numérica tiene como campo de variabilidad un continuo de valores entre cero e infinito. Luego discutir la cuantificación en general como procedimiento para la precisión de conceptos.

3.2.5. La vaguedad de “cuerpo” en el contexto del conocimiento ordinario queda muy reducida en física, en la cual, “cuerpo” puede definirse como algo que satisface aproximadamente las leyes de la mecánica clásica. Dar más ejemplos de este tipo y discutir la teorización como procedimiento de precisión de conceptos.

3.2.6. ¿Por qué tomamos y nombramos triángulos, cuadrados, esferas y otras figuras sencillas, en vez de las formas más complejas e irregulares dadas en la experiencia? ¿No podríamos haber empezado la geometría con estas últimas?

3.2.7. Estudiar la función de conceptos que posibilitan amplias generalizaciones, como los conceptos de cero, conjunto vacío, conjunto unidad, punto impropio, línea impropia.

3.2.8. Comentar el siguiente texto de W. Heisenberg, cofundador de la mecánica cuántica, *Physics and Philosophy*, Londres, Allen and Unwin, 1959, p. 55: “Los conceptos de la física clásica no son más que afinamientos de los conceptos de la vida cotidiana, y son una parte esencial del lenguaje que constituye la base de toda la ciencia natural.”

3.2.9. El concepto de masa se dilucida en los contextos de las diversas teorías de la mecánica. Ahora bien: toda medición precisa de la masa de un cuerpo dará un número inexacto, como, por ejemplo, (1 ± 0.001) g. Dicho de otro modo: el valor numérico de la masa de un cuerpo se conoce empíricamente —y eso si llega a conocerse— con algún error. ¿Indica esto que el concepto teórico de masa es vago? ¿O que hay una indeterminación en la aplicación de la construcción teórica “masa”? ¿O muestra más bien este hecho que los valores numéricos del concepto exacto de masa se conocen sólo con margen de error?

3.2.10. La evolución biológica puede caracterizarse por dos propiedades: *dirección* y *tasa* o ritmo. Mientras que el concepto de tasa de evolución ha sido dilucidado satisfactoriamente, el concepto de dirección de evolución sigue siendo vago. (La tasa de evolución de una familia dada puede definirse como el número de géneros originados en un millón de años.) Estudiar esta situación e intentar dilucidar el concepto de dirección de evolución. Cf. G. G. Simpson, *The Meaning of Evolution* (1949, New Haven, Yale University Press, 1960), cap. xi. *Problema en lugar del anterior*: En el caso del anterior problema, un dilucidandum (“evolución”) fue dilucidado a base de dos conceptos, uno de los cuales (“dirección de evolución”) no es más claro que el concepto al que intenta precisar. Esta situación no es nueva en la ciencia; así, el concepto de calor se dilucidó a base de los conceptos de energía y temperatura mucho antes de que se diera al último una dilucidación satisfactoria (en el contexto de la mecánica estadística). Inferir de esto lecciones metodológicas.

3.3. DEFINICIÓN

Empecemos por aclarar que no vamos a considerar aquí ninguna de las connotaciones vulgares de ‘definición’, como descripción, identificación, clasificación o medición; es-

tudiaremos una especial operación técnica que se refiere a signos: la definición es propiamente una *correspondencia signo-signo* (cf. 3.2). En este sentido estricto una definición es una operación puramente conceptual por la cual (i) se *introduce formalmente* un nuevo término en algún sistema de signos (como el lenguaje de una teoría), y (ii) se *especifica* en alguna medida la significación del término introducido; en la medida, precisamente, en que es precisa la significación de los términos definientes.

Obsérvese, en primer lugar, la relatividad de la introducción y de la especificación de significación al sistema de signos: las definiciones de diccionario suelen estar enmarcadas en el contexto del conocimiento común, mientras que los términos científicos suelen definirse, si se definen, en el contexto de sistemas científicos. Fuera de su propio contexto, las definiciones pueden perder todo interés. En segundo lugar, la introducción de un nuevo término por medio de una definición es *formal* en el sentido de que 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* ek-sistente 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 = _{af} 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 haces 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 *ladrillos* 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 definiens 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) " $A =_{df} B$ ", o sea, A es igual a B por definición. Ejemplo: "Fenomenico =_{df} Aparente a los sentidos de alguien". (ii) " $A = (1\ x)B(x)$ ", 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". (iii) " $(x) [A(x) \leftrightarrow B(x)]$ ", 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, $x/y = z \leftrightarrow x = y \cdot z$ ".

*La primera clase de definición es *metalingüística*: el signo ' $=_{df}$ ' lleva el definiendum al metalenguaje del lenguaje en el cual reside el definiens. Las definiciones de las dos últimas clases, (ii) y (iii), son *intralingüísticas* o intra-nivel, en el sentido de que tanto el definiendum como el definiens pertenecen al mismo nivel lingüístico: efectivamente, tanto el símbolo descriptor ' ι ' 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: " $\sqrt{\ } =_{df} \{(x, y) \mid y^2 = x\}$ " 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 cierto 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: “ $x, y, z \in N \rightarrow (x/y = z \leftrightarrow \leftrightarrow x = y \cdot z)$ ”. 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 éstas son verdades vacías, y por lo tanto inútiles, pueden evitarse mediante la convención adicional de que se supone 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 explicita 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 recurrencia: “ $B_n = 2,5 B_{n+1}$ ” 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 definendum. 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 (cf. secs. 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. ej., " $A \cap B = B \cap A$ ") 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. ej., las ecuaciones de Maxwell), cuya significación está parcialmente especificada por un conjunto de referencias (p. ej., " j " 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 " $3 = \log_3 8$ ", 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 introduciremos "3" por medio de la cadena de definiciones: " $1 =_{df} S0$ ", " $2 =_{df} S1$ ", " $3 =_{df} S2$ "; 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,

$$v =_{\text{df}} \frac{d}{t} \quad [3.6]$$

Es claro que no podemos dividir conceptos, a menos que sean números o funciones. Lo que sometemos 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 instantánea. [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 periodos. 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:

$$\text{Valor de la densidad del cuerpo en un punto } x \cong \text{valor medido} \\ \text{de la densidad del cuerpo en un volumen que contiene a } x, \quad [3.7]$$

donde ‘ $\cong$ ’ 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. Ésta 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 estándar 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 referentes 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. ej., solubilidad) si y sólo si x presenta el comportamiento B (p. ej., 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 .

Ése 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", etc.). 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) = $_{df}$ *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) = $_{df}$ [*Solubilidad* (de x en y_0 a t_0 p_0) > s_0].

En esta última definición el subíndice ' $_0$ ' 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 la 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: " $\mu =_{df} B/H$ ", 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 arbi-

traria. Tomemos, por ejemplo, el concepto de ácido. Boyle había identificado (no definiendo) 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: $\text{HA} = \text{A}^- + \text{H}^+$ ”. Tercera ley: “En equilibrio, es constante la razón de concentración, o sea $[\text{H}^+] \cdot [\text{A}^-] / [\text{HA}]$ ”. 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 contrastaciones 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. $p \rightarrow q =_{\text{df}} (p \ \& \neg q)$
2. $(x = \log_b y) \leftrightarrow (y = b^x)$
3. $x \neq 0 \rightarrow x^0 =_{\text{df}} 1$
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 mejores 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. $0 =_{df} (1 \vee y) [(x) (x + y = x)]$.
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 : $a_{n+1}/a_n = c$. Precisar 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 filósofos del arte han discutido acerca de si el blanco y el negro son colores. Análogamente, en el pasado, discutieron los matemáticos acerca de si 0 , $\sqrt{2}$ y $\sqrt{-1}$ son números. Proponer un camino para superar esas discusiones. *Problema en lugar del anterior*: Se han arbitrado 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?], en *Oeuvres complètes*, París, 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" (p. 350). *Problema en lugar del anterior*: Exponer las ideas sobre la definición formuladas por W. Whewell en el *Novum Organum Renovatum*, 3a. ed., Londres, Parker, 1858, pp. 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" (p. 36). "Cuando se nos propone una definición como un útil paso del conocimiento, tenemos siempre derecho a preguntar cuál es el Principio que enuncia" (p. 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 enumeración 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_{pu} ”, como la clase de todos los pares $\langle x, l_{pu}(x) \rangle$. Véase, por ejemplo, F. Henmueller y K. Menger, “What is Length?”. *Philosophy of Science*, 28, 172. 1961. Teniendo en cuenta que el dominio C de la función “ l_{pu} ” 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: “ $l_{pu} = C \times R$ ”. ¿Es este análisis una definición? O sea: ¿especifica inequívocamente esa fórmula la significación de “ l_{pu} ”, 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 referentes a la definición. Preguntémonos, 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 resolución: 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 ‘#’ en el conjunto de los números por medio de la

definición implícita: " $(x \# y = z) \leftrightarrow (x^2 = y) \& (z < y)$ ". Tomando $x = 2, y = 4, z = 0$, tripló que satisface el segundo miembro de la ecuación, obtenemos: $2 \# 4 = 0$ para el primer miembro. Pero también el tripló $x = 2, y = 4, z = 3$ satisface las equivalencias, y da: $2 \# 4 = 3$. Sustituyendo en el primer resultado obtenemos entonces: $0 = 3$, caso de la contradicción general " $0 \neq 0$ ". La operación $\#$ 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 determinada, 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 " $2 =_{df} 1 + 1$ – 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 acarrearán 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 e 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 (cf. fig. 3.4).

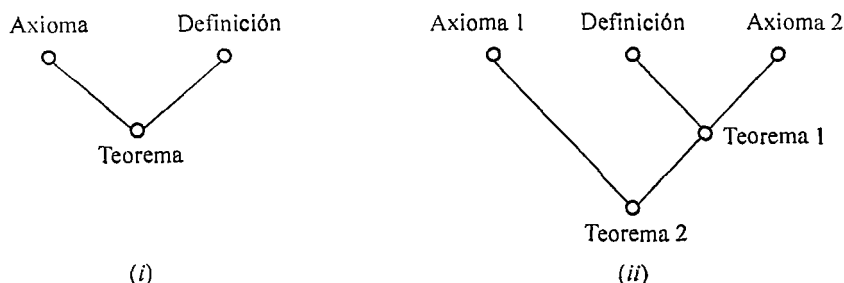


FIGURA 3.4. Una situación corriente de teoremas deducidos de supuestos anteriores más definiciones. (i) Reformulación. (ii) Puente.

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 quiere 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 shakesperiano 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*”:

$$E(x,y) =_{df} F(x,y) \ \& \ -F(y,x) \qquad \text{Definición} \qquad [3.10]$$

Ahora *finjamos* 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:

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

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, “ $E \neq \emptyset$ ”, el cual, en virtud de la definición [3.10], equivale al postulado [3.11]. (En la sec. 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 “espiritu”, 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, cf. sec. 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 –“ $\text{sen } \theta =_{\text{df}} y/r$ ” y “ $\text{cos } \theta =_{\text{df}} x/r$ ”– propusiéramos algunos de los siguientes pares:

$$\begin{array}{ll} \text{sen } \theta =_{\text{df}} 2^{-1/2} (x \pm y) & \text{sen } \theta =_{\text{df}} 2^{-1/2} (x \pm iy) \\ \text{cos } \theta =_{\text{df}} 2^{-1/2} (x \mp y) & \text{cos } \theta =_{\text{df}} 2^{-1/2} (x \mp iy) \end{array} \quad [3.12]$$

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, “ $x^2 + y^2 = r^2$ ”, 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 “ $m^5 v^{3/7}$ ”. 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.*

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: “ $p =_{df} mv$ ”. Sintácticamente, ‘ p ’ puede 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 lenguas en las que esta copulativa es una palabra más larga; o como cuando ' $\leftrightarrow$ ' 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 :

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

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 (secs. 2.6, 3.7, 5.4, 8.1, 8.5, etc.); la tesis de la indefinibilidad absoluta es errónea, y precisamente respecto de la amargura 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 (cf. sec. 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 “Empiécese 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, como creía Aristóteles?

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”). ¿Satisfacen 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, p. 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."

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 incontrastables. Cf. H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*, cap. vi; L. Le Roy, "Un positivisme nouveau", *Revue de métaphysique et de morale*, 9, 143, 1901, y P. Duhem, *The Aim and structure of Physical Theory* [original francés, 1914]. Nueva York, Atheneum, 1963, pp. 208ss. *Problema en lugar del anterior*: Examinar W. V. O. Quine y 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: " $R = e/i$ ". Recuérdese 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. Los matemáticos tratan las definiciones como meras identidades. Esto hace que el problema lógico de la definición sea trivial. ¿Elimina esto el problema metodológico de la elección de los conceptos básicos o definidores de una teoría? Examinense algunos textos sobre axiomática y sobre pruebas (metamatemáticas) de indefinibilidad.

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-vacío; 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 absoluta. 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”.

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 sec. 2.3 definimos la significación de un término como el par formado por la intensión y la referencia 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 referencia. Hemos visto (secs. 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 metaciencia.

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 p. 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 matemáticas. Así por ejemplo, ‘ $\cdot$ ’ 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 “ $\cdot$ ” 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

	(1) Sin sentido	(2) Formal- mente significativo	(3) Empírica- mente significativo	(4) Objetiva- mente significativo	(5) Plena- mente significativo	(6) Relación
<i>Signo</i>	○	○ ↓	○ ↓	○ ↓	○ ↓	<i>Designación</i>
<i>Idea</i> (concepto, proposición, teoría)		○ ↓	○ ↓	○ ↓	○ ↓	<i>Referencia empírica</i>
<i>Experiencia</i>			○ ↓		○ ↓	
<i>Hecho objetivo</i>				○ ↓	○ ↓	<i>Referencia objetiva</i>
<i>Ejemplo</i>	?@#	'&'	'Dolor'	'Valencia química'	'Mesa'	

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 '¡ay!'. En la ciencia, que es un cuerpo de ideas y procedimientos, 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 “ $\cdot$ ” 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 asesinar 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 neopositivista de la significación como verificabilidad*, según la cual una sentencia es significativa (que quiere 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 *epsilones*. 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 *epsilones* 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 “*épsilon*” 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 operaciones sólo pueden corresponder enunciados, 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. Éste es un claro caso de confusión entre significación y contrastación. La frase tiene una significación objetiva en todo momento, aun cuando sólo vale en circunstancias excepcionales. 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

ticas no tienen significación empírica, razón, precisamente, por la cual rebasamos 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 (*propriadamente, 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 contrabando en la “interpretación” de las fórmulas. (En la sec. 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, quieranlo o no, hacia un subjetivismo. Y los objetivistas, preocupados por mostrar que la teoría tiene una referencia objetiva, tienden a desprestigiar 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 episte-

mológico, 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. Sugerencia: distinguir "hay" de "algunos".

3.5.3. Comentar la doctrina estoica de los signos, la cual distinguía 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. Bunge, *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 o 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 (cf. sec. 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* (corrien-

temente 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 (cf. sec. 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 referencias ostensivas no son, pues, operaciones puramente conceptuales, sino más bien puentes entre la experiencia en bruto y el lenguaje.

La virtud didáctica de las referencias 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 referencias 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 referencias 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 fenoménicos. Los conceptos que tienen una significación objetiva sin significación empírica (cf. sec. 3.5), como “átomo”, no pueden introducirse por referencia ostensiva. Por esta razón la referencia 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 referencia 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 referencia 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 *referencia 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 e 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 (kilogramo, segundo, voltio, etc.), sirven como correlatos de símbolos introducidos por referencia coordinativa.

Las referencias 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 cierta 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:

$$1 \text{ metro} =_{\text{df}} 1.650.763,73 \text{ longitudes de onda de la luz naranja-rojiza de Kr}^{86}.$$

(Obsérvense los términos teoréticos 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 teoréticos.) 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 teorética 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 (cf. sec. 3.2) y, consiguientemente, suministran significación empírica (cf. sec. 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. (Cf. fig. 3.5.)

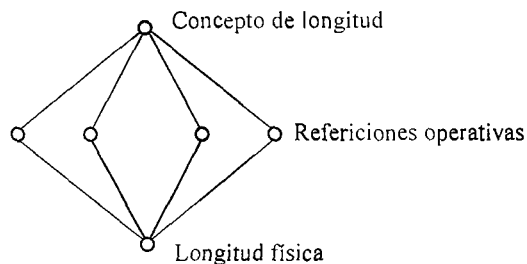


FIGURA 3.5. Un único concepto, que denota una determinada propiedad física, es parcialmente dilucidado mediante varias referencias operativas.

Una escuela filosófica todavía influyente, el *operativismo*, sostiene que sólo las operaciones de medición pueden suministrar a los términos científicos significación, y que lo que hemos venido llamando referencias 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 (cf. sec. siguiente). (iv) La confusión entre *significación* y *contrastabilidad*, y, consiguientemente, entre semántica y metodología (cf. sec. 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 *teorético* de las magnitudes es el conjunto de los números reales, mientras que su *campo empírico* es un subconjunto de los números racionales.) En resolución: la medi-

ción 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 propondría 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 “ $C \rightarrow (A \leftrightarrow B)$ ” (cf. sec. 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. Éstas 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 cosas —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 cien-

cia, 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 funcio-

nan 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 referencias 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 le 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 referencias 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 Platón y Descartes.
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*, Nueva York, Macmillan, 1927, p. 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*, Londres, Hutchinson, 1959, p. 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", en J. Zubin (ed.), *Field Studies in Mental Disorders*, Nueva York, Grune & Stratton, 1961.

3.6.4. El operacionismo 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?

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 referición 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 sec. 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 sec. 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 (sec. 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 molestarse 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 adscribirlo todo a la existencia de correlato real. En primer lugar, necesitamos los conceptos llamados *tipos ideales*, como los de "cuerpo rígido", "sistema aislado", "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 concep-

tos 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 operacionismo 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, ninguno de los 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 letal 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 percepts, 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. 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 arrebatarnos 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”). Cf. O. Neurath, *Foundations of the Social Sciences*, en *Encyclopedia of Unified Science*, vol. II, núm. 1, Chicago, University of Chicago Press, 1944, cap. 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: cf., 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 operacionismo o criticar a los conductistas por confundir una buena regla de método (“No empezar 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 operacionismo 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. Cf. M. Bunge, *Intuición y razón*, cap. 2, Buenos Aires, Sudamericana, 1996.

3.7.6. Examinar el concepto de tipo ideal, prominente en los escritos de Max Weber y otros sociólogos.

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” y “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 (cf. sección 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 aceptarán construcciones hipotéticas a título de expedientes provisionales que un día u otro deben sustituirse por variables independientes o, cosa 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? *Problema en lugar del anterior*: Analizar las significaciones del término “interpretación” en los estudios sociales. En particular. ¿significa lo mismo para Dilthey que para Weber, y para éste que para Geertz? Y, en todo caso, ¿se justifica hablar del significado de un hecho social a menos que se suponga que todo lo social es un texto y que, por consiguiente, tiene propiedades sintácticas, semánticas, fonológicas y estilísticas? V. C. Geertz, *The Interpretation of Cultures*, Nueva York, Basic Books, 1973, y M. Bunge, *Finding Philosophy in Social Science*, New Haven, CT, Yale University Press, 1996 [*Buscar la filosofía en las ciencias sociales*, México, Siglo XXI, 1999].

BIBLIOGRAFÍA

- Ajdukiewicz, K., “Die Definition”, *Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique*, París, Hermann, 1936, V.
- Bunge, M., *The Myth of Simplicity*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1963, cap. 1.
- , *Interpretation and Truth*, Dordrecht, Reidel, 1974.
- , *Sense and Reference*, Dordrecht, Reidel, 1974.
- Carnap, R., “Testability and Meaning”, *Philosophy of Science*, 3, 419, 1936, y 4, 1, 1937.
- , *Logical Foundations of Probability*, Chicago, University of Chicago Press, 1950, cap. 1.
- Cronbach, L.J., y P.E. Meehl, “Construct Validity in Psychological Tests”, en H. Feigl y M. Scriven (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Minnesota, University of Minnesota Press, 1956, 1.
- Goodman, N., *The Structure of Appearance*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1951, cap. 1.
- Hempel, C. G., *Foundations of Concept Formation in Empirical Science*, núm. 7 de la *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1952.
- Lewis, C.I., *An Analysis of Knowledge and Valuation*, La Salle, Ill., Open Court, 1946, cap. v.
- Margenau, H., *The Nature of Physical Reality*, Nueva York, McGraw-Hill, 1950, sec. 4.4.
- Pap, A., *An Introduction to the Philosophy of Science*, Nueva York, The Free Press of Glencoe, 1962, parte 1.
- Russell, B., “Vagueness”, *Australasian Journal of Psychology and Philosophy*, 1, 84, 1923.
- Tarski, A., *Logic, Semantics, Metamathematics*, Oxford, Clarendon Press, 1956.

PARTE II

LAS IDEAS CIENTÍFICAS

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.

4. PROBLEMA

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

4.1. LA FUENTE DE LA CIENCIA

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

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

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

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

Las tareas del investigador son: tomar conocimiento de problemas que otros pueden haber pasado por alto; insertarlos en un cuerpo de conocimiento e intentar resolverlos con el máximo rigor y, primariamente, para enriquecer nuestro conocimiento. Según eso, el investigador es un problematizador *par excellence*, no un traficante en misterios. El progreso del conocimiento consiste en plantear, aclarar y resolver nuevos problemas, pero no problemas de cualquier clase. Los escolásticos quedaron fuera del movimiento de invención que es la ciencia moderna porque estaba errado todo su modo de considerar la realidad; en su mayoría, temían los problemas nuevos, y, en general, la novedad como tal; los escolásticos padecían, por así decirlo, neofobia; los pocos problemas que consiguieron formular eran en su mayor parte de la clase inútil, esto es, o demasiado triviales o más allá de sus fuerzas, y, en cualquier caso, de formulación demasiado laxa; al no interesarse por el mundo, era muy difícil que pudieran plantear preguntas referentes al modo de funcionar de éste; y al ser dogmáticos, no sometían sus conjeturas a contrastación. En resolución: aunque algunos pocos escolásticos dieron de sí datos e hipótesis aceptables al servicio de un manojo 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, pues- to que investigar es investigar problemas. En la ciencia moderna, la elección de grupos de problemas o de líneas de investigación está a su vez determinada por varios factores, tales como el interés intrínseco del problema según lo determina el estadio del conocimiento en cada momento, o la tendencia profesional de los investigadores afectados, o la posibilidad de aplicaciones, o las facilidades instrumentales y de financiación. Las necesidades prácticas son una fuente de problemas científicos, pero el insistir exageradamente sobre la aplicación práctica (por ejemplo, la industria o la política) a expensas del valor científico intrínseco, es a largo plazo esterilizador, y el plazo largo es lo que cuenta en una empresa colectiva como la ciencia. En primer lugar, porque los problemas científicos no son primariamente problemas de acción, sino de conocimiento; en segundo lugar, porque no puede realizarse trabajo creador más que con entusiasmo, y el entusiasmo puede fácilmente faltar si la línea de investigación no se elige libremente movidos por la curiosidad. Por eso la primera consideración a la hora de elegir líneas de investigación debe ser el interés del problema mismo. Y la segunda consideración debe ser la posibilidad de resolver el problema —o de mostrar que es irresoluble— contando con los medios disponibles.

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

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

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

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

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

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

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2. *LÓGICA DE PROBLEMAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TABLA 4. 1. FORMAS ELEMENTALES DE PROBLEMAS

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

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

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

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

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

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 *tout court*: $\Pi(v)$. Todo problema elemental $\Pi(v)$ puede analizarse en la forma $\Pi(v) = (?v)G(v)$, siendo $G(v)$ el generador del problema. Supongamos ahora que los dos problemas elementales que deseamos combinar con $\Pi(v_1) = (?v_1)G_1(v_1)$ y $\Pi(v_2) = (?v_2)G_2(v_2)$. Construimos un tercer problema $\Pi(v_1, v_2)$, que incluye las dos variables v_1 y v_2 , por el mero hecho de ponernos la tarea de resolver $\Pi(v_1)$ o $\Pi(v_2)$ o ambos; este problema

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

Problema disyuntivo

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

Problema conjuntivo

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Nuestra clasificación de los problemas elementales no concede tampoco ningún lugar especial a los *problemas de decisión*, esto es, problemas cuya solución es un simple “Sí” o un simple “No”. Los problemas de decisión son casos especiales de problemas sobre individuos, particularmente de los que se refieren a la determinación de valores veritativos. La cuestión “¿Es p verdadero?” expresa un problema de decisión, igual que la pregunta “¿Pertenece c al conjunto T ?”, que no es más que un caso de la anterior, a saber, el caso en el cual p toma la forma “ $c \in T$ ”. La cuestión de si un problema dado es o no un problema de decisión no es una cuestión lógica sino metodológica: los medios disponibles y el objetivo considerado nos permitirán decidir acerca de si determinados problemas son cuestiones de sí-o-no. Tomemos, por ejemplo, el problema “¿Qué estatura tiene c ?”, siendo c un hombre determinado. Por rebuscada que sea la técnica de talla que elijamos, la pregunta inicial puede descomponerse en una secuencia finita, cada miembro de la cual es un problema de decisión de la forma: “¿Cae el punto más alto de la cabeza de c entre las señales n y $n + 1$ de nuestro tallímetro?” Cada mejoría en cuanto a precisión nos permitirá formular más preguntas de decisión y, por tanto, acercarnos más a la verdad (supuesta única), pero el error remanente de todo procedimiento de medición asegura que habrá un número finito de problemas de decisión. Esa finitud es, naturalmente, necesaria para que el procedimiento sea *efectivo*, es decir, realizable en un número determinado de pasos. La solución exacta del problema dado requeriría infinitos pasos y es, por tanto, inalcanzable.

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

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

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

Como no hay pregunta sin un trasfondo, y como éste puede constar de falsedades, o de ideas debatibles, la aceptación ingenua de una pregunta sin examinar su trasfondo no tiene más valor que la aceptación ingenua de una respuesta sin examinar su fundamento. El planteamiento defectuoso de una cuestión—esto es, la formulación de una pregunta mal formada— puede impedir la investigación concreta, o incluso toda investigación, como ocurre en el caso de “¿Qué es el ser?”, pregunta que, lejos de ser análoga a la pregunta “¿Qué es el movimiento?”, es del tipo de “¿Qué tose la tos?” Pero la concepción defectuosa de una pregunta—es decir, el pensar una pregunta con un trasfondo errado o indeterminado— puede ser aún más 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 sigue sin saberse si existe alguna teoría básica, aunque corrientemente se cree que tiene que ser la mecánica. Sólo que nadie sabe qué teoría de la mecánica, si la clásica, de la que se sabe que sólo es parcialmente verdadera, o la mecánica relativista, que no es independiente de la teoría electromagnética, o la mecánica cuántica, que incluye la clásica. En la ciencia factual es posible que el esquema sea una red en vez de una línea, y en cualquier caso resulta prematuro legislar al respecto. Lo que tenemos que asegurar es el *derecho* de ir tan lejos cuanto se considere necesario en cada caso. Dicho negativamente: tenemos que negarnos a reconocer que existen axiomas fácticos últimos e inamovibles. Los presupuestos deben considerarse relativos: lo que en un determinado contexto es un enunciado fuera de cuestión, puede ser objeto de investigación —y, consiguientemente, de corrección o hasta recusación— en otro contexto u otro ulterior estadio de desarrollo de la ciencia.

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

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

Las tendencias limitadoras de la investigación y, simultáneamente, las polémicas estériles sobre *ismos* pueden evitarse adoptando esta otra estrategia más modesta que no mata los problemas interesantes, pero remite su tratamiento al momento en el cual se disponga de los necesarios instrumentos teoréticos. 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. Lo importante no es eliminar los presupuestos —cosa imposible— sino tenerlos bajo control, o sea, someterlos a examen crítico en cuanto que aparecen soluciones erradas. Y como es la pregunta la que origina la investigación, concluiremos que ninguna investigación puede partir de la nada: no hay investigación sin presupuestos, puesto que no la hay sin pregunta previa. Pero con esto llegamos ya a la metodología del planteamiento de problemas.

Problemas

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

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

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

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

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

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

4.2.5. Explicitar los presupuestos de las siguientes preguntas:

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

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

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

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

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

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

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

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

4.3. PROBLEMAS CIENTÍFICOS

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

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

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

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

TABLA 4.2. PROBLEMAS SUSTANTIVOS

1. PROBLEMAS EMPÍRICOS

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

1.1.1. Observación

1.1.2. Enumeración

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

TABLA 4.3. PROBLEMAS DE ESTRATEGIA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

mientos más profundos; también podían seguirse mejor ahora las relaciones entre genotipo y comportamiento; por último, era evidente que la etología tenía un gran interés para las nuevas ciencias psicológica y sociológica. Había pues motivos razonables para que resucitara el interés por el comportamiento instintivo. Pese a lo cual puede de todos modos registrarse un pequeño elemento de superficialidad dictada por la moda en esa resurrección del tema: la mayoría de la gente gusta de estar al día, no sólo en cuanto a conocimiento y planteamiento, sino también respecto de los temas mismos; esto no es ya nada razonable, pues los temas son esencialmente sistemas problemáticos, y los problemas deben 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 lo estudia seriamente, dará algún fruto antes o después, porque los problemas científicos son por definición *sistémicos*: se presentan o pueden introducirse en un sistema, y ya esto garantiza que su investigación tendrá algún efecto. Las cuestiones sueltas reciben soluciones también sueltas que no llevan a ninguna parte; pero si se da un paso en algún punto de una línea de investigación, puede ser que se mueva hacia adelante toda esta línea, o sea, que puedan plantearse nuevos problemas. Por eso una organización inteligente de la ciencia, lejos de exigir resultados inmediatos, impulsará la investigación de *todo* problema científico bien formulado que haya surgido en la imaginación de un investigador competente. O sea, la organización de la ciencia, si es inteligente, asegurará la libertad de investigación, la cual es en gran medida, como veremos pronto, libertad de planear.

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4. UN PARADIGMA, UN MARCO Y UNA COMPARACIÓN

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

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

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

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

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

1. *¿Cómo se describe el poder?*

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

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

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

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

2. *¿Cómo se analiza el poder?*

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

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

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

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

3. *¿Cómo se interpreta el poder?*

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

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

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

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

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

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

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

1. *Formulación*

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

2. *Exploración preliminar*

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

3. *Descripción*

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

4. Interpretación

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

5. Control de la solución

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.5. HEURÍSTICA

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

1. *Formular el problema con claridad*

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

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

Evitar formas lógicamente defectuosas.

2. *Identificar los constituyentes*

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

3. *Descubrir los presupuestos*

Explicitar los presupuestos relevantes de más importancia.

4. *Localizar el problema*

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

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

Averiguar la historia reciente del problema, si la tiene.

5. *Seleccionar el método*

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

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

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

6. *Simplificar*

Eliminar la información redundante.

Comprimir y simplificar los datos.

Introducir supuestos simplificadores.

7. *Analizar el problema*

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

8. *Planear*

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

9. *Buscar problemas análogos resueltos*

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

10. *Transformar el problema*

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

11. *Exportar el problema*

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

12. *Controlar la solución*

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

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

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

Estimar la precisión alcanzada.

Indicar posibles vías para mejorar la solución.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.6. EL FIN DE LOS PROBLEMAS CIENTÍFICOS

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

1. *El olvido*

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

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

2. La eliminación

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

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

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

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

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

3. *La aclaración*

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

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

4. *La resolución*

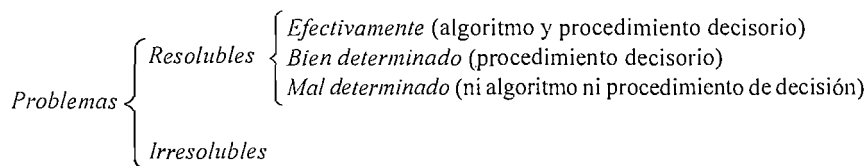
Las soluciones son de tres tipos por lo que hace a su valor veritativo: verdaderas, aproximadamente verdaderas y falsas. La mayoría de las soluciones de la ciencia factual son totalmente falsas o, en el mejor de los casos, parcialmente verdaderas; esto las diferencia agudamente de las de la ciencia formal,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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.7. PROBLEMAS FILOSÓFICOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

BIBLIOGRAFÍA

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

5. HIPÓTESIS

Una vez planteado y examinado un problema o un sistema de problemas, 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 resolviera 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. SIGNIFICADOS 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 contrapo-

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

No suele presentarse íntegramente el trasfondo de un problema, de una hipótesis o de una teoría. Los supuestos tácitos e indiscutidos de una idea son sus presupuestos (véase sec. 4.2). La siguiente *Definición* facilita un modo laxo, pero cómodo, de caracterizar este concepto importante y comúnmente olvidado: *B presupone A* si y sólo si (i) *A* es una condición necesaria de la significación o la verosimilitud de *B*, y (ii) *A* está fuera de discusión cuando se usa *B* o se somete a contrastación. Una simbolización posible de “*B* presupone *A*” sería ‘ $A \rightarrow B$ ’, 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 sec. 5.9, como el principio de legalidad, son presupuestos genéricos de la ciencia factual. Los *presupuestos específicos* son aquellas fórmulas del mismo campo que constituyen el trasfondo inmediato y peculiar de las fórmulas consideradas. Por ejemplo, la existencia de la luz es un presupuesto específico de la óptica, pero no lo es de la mecánica. (Mas, por otro lado, la contrastación de las hipótesis de la mecánica presupone la existencia de la luz, que toma como dada.)

Examinemos ahora los modos de formulación de las hipótesis científicas.

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

5.1.8. Examinar la cadena siguiente:

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

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

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

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

5.2. FORMULACIÓN

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

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

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

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

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

h_1 = La apariencia del bastón quebrado es una ilusión.

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

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

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

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

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

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

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

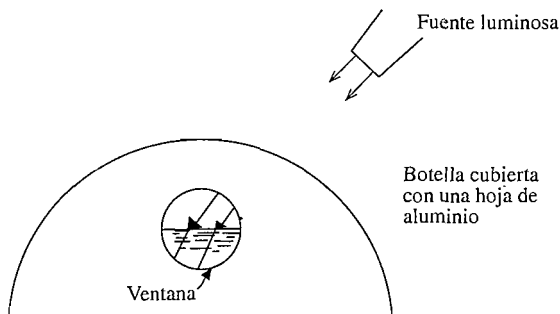


FIGURA 5.1. Contrastación empírica de la hipótesis de la refracción de la luz.

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

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

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

h_1 = Fumar cigarrillos causa cáncer de pulmón.

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

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

$$A \rightarrow C \rightarrow B, B \rightarrow C \rightarrow A, \text{ o } C \begin{matrix} \nearrow A \\ \searrow B \end{matrix}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

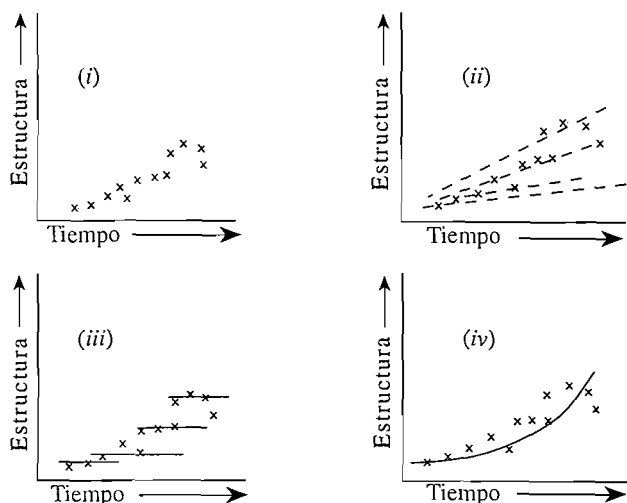


FIGURA 5.2. Tres hipótesis diferentes. —(ii), (iii), (iv)— para la interpretación de los datos paleontológicos (i).

5.3. *CLASES: FORMA Y CONTENIDO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Por lo que hace a la sistematicidad o carácter sistemático, una hipótesis puede ser *aislada* o *sistémica* (esto es, perteneciente a algún sistema). En sus comienzos todas las generalizaciones empíricas son aisladas: sólo cuando llegan a ser leyes adquieren un 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-teórico. En cambio, las hipótesis sistémicas están insertas en algún sistema, como axiomas (puntos de partida) o como teoremas (consecuencias lógicas). Así por ejemplo, las leyes newtonianas del movimiento son axiomas en la mecánica elemental y teoremas en la mecánica analítica general.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Problemas

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

5.3.2. Formular una hipótesis científica de cada alcance posible.

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

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

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

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

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

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

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

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

5.4. CLASES: PUNTO DE VISTA GNOSEOLÓGICO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

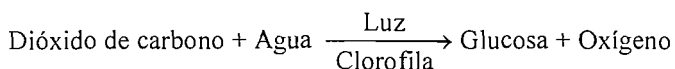
Las hipótesis *observacionales*, o de nivel bajo, no contienen más que conceptos observacionales, o sea, conceptos referentes a propiedades observables como la posición, el color, la textura. Muchos objetos teóricos que se consideran hechos son en realidad hipótesis de nivel bajo, como “Los pájaros ponen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

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

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

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

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



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

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

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

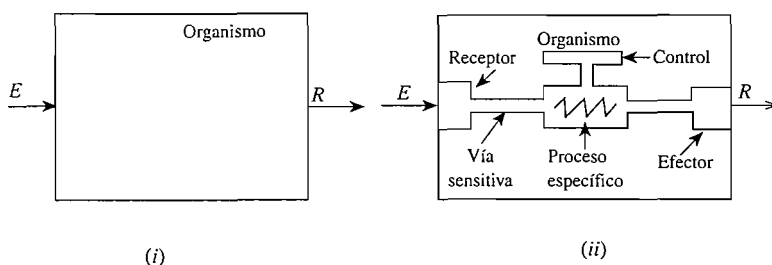


FIGURA 5.3. Dos enfoques psicológicos. (i) Enfoque *fenomenológico* (de la caja negra): relaciones funcionales $R = F(E)$ entre los estímulos E y las respuestas R . (ii) Enfoque *mecanístico* (de la caja traslúcida): un sistema de conjeturas (una teoría) que considera el mecanismo responsable del comportamiento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

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

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

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

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

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.5. FUNDAMENTO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

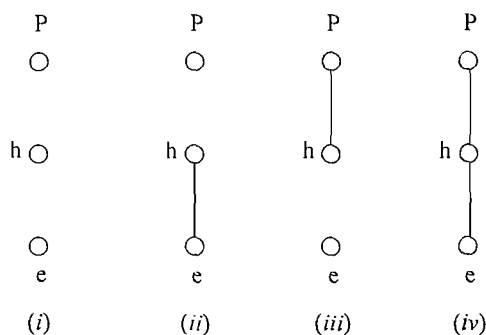


FIGURA 5.4. Cuatro niveles de convalidación: el conocimiento previo, *P*, y la nueva experiencia, *e*, pueden combinarse para dar (i) ocurrencias, (ii) hipótesis empíricas, (iii) hipótesis plausibles o (iv) hipótesis convalidadas.

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

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

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

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

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

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

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

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

Pero el tema de la contrastabilidad merece una sección propia.

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

e = Todas las esmeraldas conocidas son verdes.

h_1 = Todas las esmeraldas son y serán siempre verdes.

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

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

5.6. CONTRASTABILIDAD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

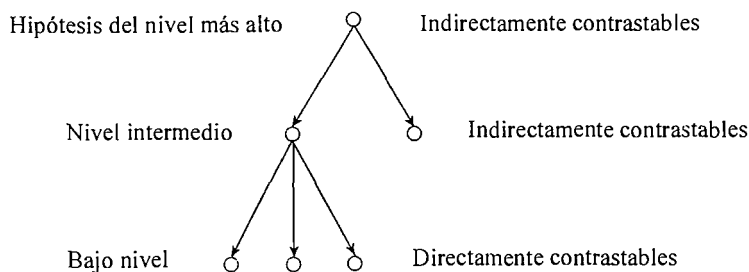


FIGURA 5.5. El teorema situado en la rama de la derecha de ese árbol deductivo no implica ninguna consecuencia empíricamente contrastable: no puede ser apoyado ni destruido más que desde arriba.

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

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

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

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.7. REQUISITOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

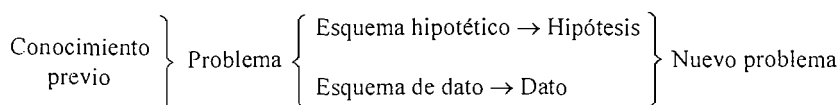
5.8. FUNCIONES

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

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

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

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



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

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

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

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

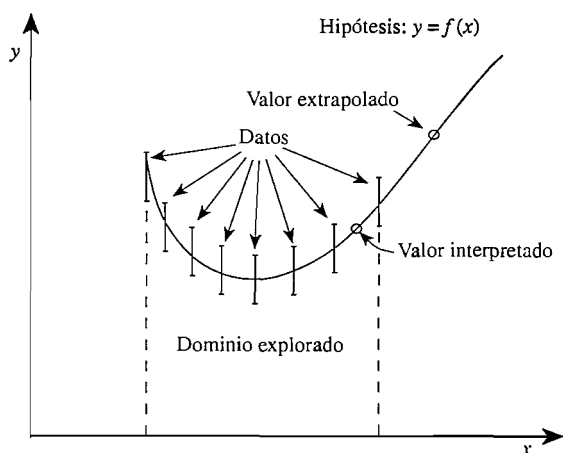


FIGURA 5.6. Una "curva empírica" que recoge un conjunto de datos y representa la relación hipotética $y = f(x)$.

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

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

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

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

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

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

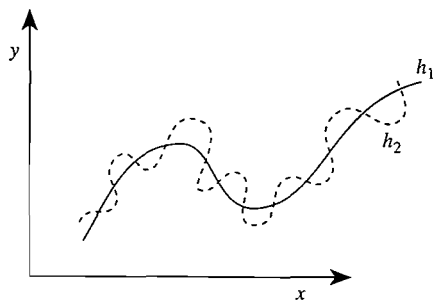


FIGURA 5.7. Todo conjunto de datos es coherente con una infinidad de hipótesis recíprocamente incompatibles.

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

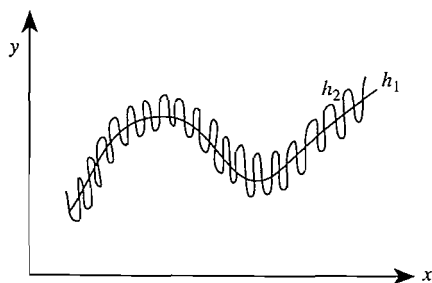


FIGURA 5.8. La hipótesis más compleja (h_2) es la más segura y, por tanto, la menos deseable mientras no se disponga de más evidencias o de teoría.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Problemas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.9. HIPÓTESIS FILOSÓFICAS EN LA CIENCIA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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