

METHODOS

Filosofía, historia, sociología y política
de la ciencia y de la técnica

Director: MARIO BUNGE

Foundations & Philosophy of Science Unit,
McGill University

Consejo Asesor

Raymond Boudon, Sorbonne, París

Erwin Hiebert, Harvard University, Cambridge, Ma.

Edwin Layton, University of Minnesota, Minneapolis

Robert K. Merton, Columbia University, New York

Mario H. Otero, Universidad Nacional Autónoma de México

Miguel A. Quintanilla, Universidad de Salamanca

Paolo Rossi, Università degli Studi, Firenze

William R. Shea, McGill University, Montreal

Raimo Tuomela, Universidad de Helsinki

MARIO BUNGE

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

SU ESTRATEGIA Y SU FILOSOFÍA

Traducción de
MANUEL SACRISTÁN

Segunda edición corregida

A.

12-H-1105-88

EDITORIAL ARIEL, S. A.
BARCELONA

LA INVESTIGACION CIENTIFICA

1a. edición en Colección Methodos: junio 1983

1a. reimpresión (México): diciembre 1983

4a. reimpresión (México): junio de 1987

© 1969 y 1983: Mario Bunge

Derechos exclusivos de edición en castellano
reservados para todo el mundo
y propiedad de la traducción:

© 1969 y 1983: Editorial Ariel, S.A.
Grupo Editorial Planeta

ISBN: 84-344-8010-7

ISBN: 968-6640-10-X

Impreso en México

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo del editor.

PRÓLOGO A LA PRESENTE EDICIÓN

La teoría y metodología de la ciencia se ha puesto de moda en la comunidad hispanoamericana en el curso de la última década. Se ha multiplicado los cursos obligatorios u optativos sobre la materia en numerosas facultades universitarias, han nacido varias sociedades de epistemología, y en Oviedo se celebró en 1982 el I Congreso de Teoría y Metodología de las Ciencias, que contó con una asistencia extraordinaria de filósofos y científicos.

No parece tratarse de una moda superficial y por tanto pasajera. Las personas que producen, enseñan o planean ciencia están comprendiendo que la teoría y metodología de la ciencia no es sólo una rama importante de la filosofía, sino también una herramienta útil para la investigación, la enseñanza y el diseño de políticas científicas.

Por cierto que el investigador, el profesor y el decisor en materia de planeación o administración científica pueden desinteresarse de la teoría y metodología de la ciencia. Sin embargo, no pueden dejar de tener algunas ideas acerca de la naturaleza y el alcance de la investigación científica. Ahora bien, los principios tácitos suelen ser imprecisos, asistemáticos e incorrectos, y por esto peligrosos. Es preferible tornar explícitos los principios por los que guiamos nuestra conducta, a fin de refinarlos, controlarlos y sistematizarlos. De esta manera perfeccionaremos nuestra propia conducta.

La primera edición en castellano de este tratado, aparecida en 1967, fue reimpresa siete veces. En la presente edición se han introducido numerosas correcciones y se ha actualizado la bibliografía. Para una dilucidación de algunos problemas semánticos, gnoseológicos y ontológicos concomitantes remito al lector a mi *Treatise on Basic Philosophy*, en curso de publicación. Y aprovecho esta oportunidad para agradecer a mis ex-alumnos, así como a numerosos profesores europeos y americanos, el haberme señalado incorrecciones y sugerido mejoras.

M. BUNGE

*Foundations and Philosophy of Science Unit,
McGill University, Montréal*

PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN

Este tratado es fruto de los cursos y seminarios sobre metodología y filosofía de la ciencia, destinados a estudiantes de filosofía y de ciencias y dictados por el autor en las Universidades de Buenos Aires, La Plata, Montevideo, Pennsylvania, Texas, Delaware y Freiburg i. Br. de 1957 a 1966. Las notas y borradores sucesivos fueron primero ensayados con dichos estudiantes y luego corregidos conforme a la experiencia recogida. Les estoy agradecido a todos esos estudiantes por haber actuado como grupo experimental, y particularmente a aquellos que me formularon preguntas embarazosas.

También deseo agradecer a las siguientes personas observaciones y críticas, si bien ninguna de ellas vio el manuscrito completo: los Profesores Richard N. Adams (antropología, Texas), Haskell B. Curry (lógica, Amsterdam), Charles Hartshorne (metafísica, Texas), John P. Harrison (historia, Texas), R. Duncan Luce (psicología matemática, Pennsylvania), Mario H. Otero (filosofía, Montevideo), Osvaldo A. Reig (zoología, Caracas), Víctor Sanz (historia, Montevideo), George Gaylord Simpson (zoología, Harvard), y Joseph H. Woodger (biología, Londres), el Dr. Carlos Bunge (química, Indiana), el Dr. James N. Hullett (filosofía, Dartmouth), Carlos Iraldi (psicoanálisis, Buenos Aires), Rubén Ramírez Mitchell (biología, Texas), Dr. Robert A. Schwartz (filosofía, Rockefeller), Guillermo Sarmiento (ecología, Caracas) y mis ex-asistentes los Licenciados Julio C. Colacilli de Muro (filosofía, Buenos Aires), Héctor Pozzi (idem), Dra. Marta Santi de Foschi (sociología, Stanford) y la Dra. Marta C. Bunge (matemáticas, McGill).

Ha sido un alto privilegio el que los ilustrados directores de Ariel, S. A., encomendaran la traducción de este libro al Profesor Manuel Sacristán. No escapará al lector que el traductor ha debido superar la dificultad que presenta la pobreza de nuestro vocabulario filosófico, dificultad que no hubiera podido encarar siquiera de no poseer una sólida versación y rica experiencia.

Dedico esta obra a mi mujer, Marta, quien me ha estimulado a escribirla y ha vigilado su gestación, criticándola sin merced.

M. BUNGE

INDICE

Un cuento para empezar	13
Cómo debe usarse este libro	15

PARTE I

ENFOQUE E INSTRUMENTOS

CAPÍTULO 1. <i>El enfoque científico</i>	19
1.1. Conocimiento: Ordinario y Científico	19
1.2. El Método Científico	24
1.3. La táctica científica	31
1.4. Las ramas de la ciencia	38
1.5. Objetivo y alcance de la ciencia	43
1.6. Pseudociencia	54
Bibliografía	63
CAPÍTULO 2. <i>Concepto</i>	64
2.1. Lenguajes científicos	65
2.2. Término y concepto	75
2.3. Intensión y referencia	84
2.4. División, ordenación y sistemática	94
2.5. De la sistemática preteórica a la teórica	102
2.6. Sistemática de conceptos	109
Bibliografía	116
CAPÍTULO 3. <i>Dilucidación</i>	118
3.1. Vaguedad y casos limítrofes	119
3.2. Precisión	129

3.3. Definición	139
3.4. *Problemas de la definición	151
3.5. Interpretación	161
3.6. Procedimientos interpretativos	168
3.7. La "validez" de los conceptos	177
Bibliografía	181

PARTE II

LAS IDEAS CIENTÍFICAS

CAPÍTULO 4. <i>Problema</i>	189
4.1. La fuente de la ciencia	189
4.2. *Lógica de problemas	195
4.3. Problemas científicos	208
4.4. Un paradigma, un marco y una comparación	217
4.5. Heurística	224
4.6. El fin de los problemas científicos	230
4.7. Problemas filosóficos	240
Bibliografía	246
CAPÍTULO 5. <i>Hipótesis</i>	248
5.1. Significaciones de "hipótesis"	249
5.2. Formulación	255
5.3. *Clases: forma y contenido	264
5.4. Clases: punto de vista gnoseológico	271
5.5. Fundamento	280
5.6. Contrastabilidad	289
5.7. Requisitos	301
5.8. Funciones	308
5.9. Hipótesis filosóficas en la ciencia	319
Bibliografía	333
CAPÍTULO 6. <i>Ley</i>	334
6.1. Variables e invariantes	334
6.2. La búsqueda de la ley	344
6.3. Clases	355
6.4. Forma y contenido	365

6.5. Fórmulas y pautas	375
6.6. Requisitos	386
6.7. *Leyes de leyes	395
6.8. La regla de la ley	408
Bibliografía	412

CAPÍTULO 7. <i>Teoría: estática</i>	413
7.1. El sistema nervioso de la ciencia	414
7.2. La unidad conceptual	425
7.3. Deducibilidad	435
7.4. Teoría abstracta e interpretación	448
7.5. *Probabilidad: cálculo, modelos, interpretaciones erróneas	459
7.6. *Desiderata formales	472
Bibliografía	483

CAPÍTULO 8. <i>Teoría: dinámica</i>	485
8.1. Construcción de teorías	486
8.2. Matematización	503
8.3. *Reconstrucción (formalización)	519
8.4. Referencia y evidencia	531
8.5. Profundidad	544
Bibliografía	556

PARTE III

LA APLICACIÓN DE LAS IDEAS CIENTÍFICAS: DE LA EXPLICACIÓN A LA ACCIÓN

CAPÍTULO 9. <i>Explicación</i>	561
9.1. Contestación a los porqués	561
9.2. Explicación no científica	567
9.3. Subsunción científica	576
9.4. Explicación interpretativa	584
9.5. *Explicación interpretativa y reducción a leyes	592
9.6. Poder explicativo	603
9.7. Funciones y alcance	613
Bibliografía	623

CAPÍTULO 10. Predicción	625
10.1. Proyección	625
10.2. Proyección estocástica	634
10.3. Proyección histórica	645
10.4. Potencia proyectiva	657
10.5. Dificultades y paradojas	669
Bibliografía	681
CAPÍTULO 11. Acción	683
11.1. Verdad y acción	684
11.2. La regla tecnológica	694
11.3. La previsión tecnológica	702
Bibliografía	712

PARTE IV

LA CONTRASTACIÓN DE LAS IDEAS CIENTÍFICAS: DE LA OBSERVACIÓN A LA INFERENCIA

CAPÍTULO 12. Observación	717
12.1. Hecho	717
12.2. Observabilidad	727
12.3. Objetivación	736
12.4. Datos y evidencia	742
12.5. Funciones	752
Bibliografía	758
CAPÍTULO 13. Medición	760
13.1. Cuantificación numérica	760
13.2. Valor medido	773
13.3. Cómputo	780
13.4. Escala y unidad	787
13.5. Técnicas	800
13.6. Resultado	810
Bibliografía	817
CAPÍTULO 14. Experimento	819
14.1. Cambio planificado	819
14.2. Control	828

14.3. Proyecto	837
14.4. Significación	842
14.5. Prueba de la contrastación	849
14.6. Funciones	852
Bibliografía	858
CAPÍTULO 15. La inferencia científica	859
15.1. Inferencia	860
15.2. Contrastación de proposiciones observacionales	867
15.3. Contrastación de hipótesis	875
15.4. Confirmación y refutación	886
15.5. Una historia ejemplar: Torricelli	899
15.6. Contrastación de teorías	908
15.7. Examen de teorías	919
Bibliografía	933

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, o sabio Prótos, ¿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 Prótos.

"¡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 autómata si hasta Nos tenemos caprichos y flaquezas?" Tras de lo cual se dirigió a Trítos, el de media edad.

"Dinos, o sabio Trítos, ¿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 Trítos.

"¡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 roja de ira. “Este informe es más sutil que los otros, pero ¿cómo podemos creer que la Cosa Rara no se preocupa de justificación ni gratificación cuando hasta Nos podemos hacerlo?”

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 oficina, en la 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 vigentes 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 eso 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 (*).

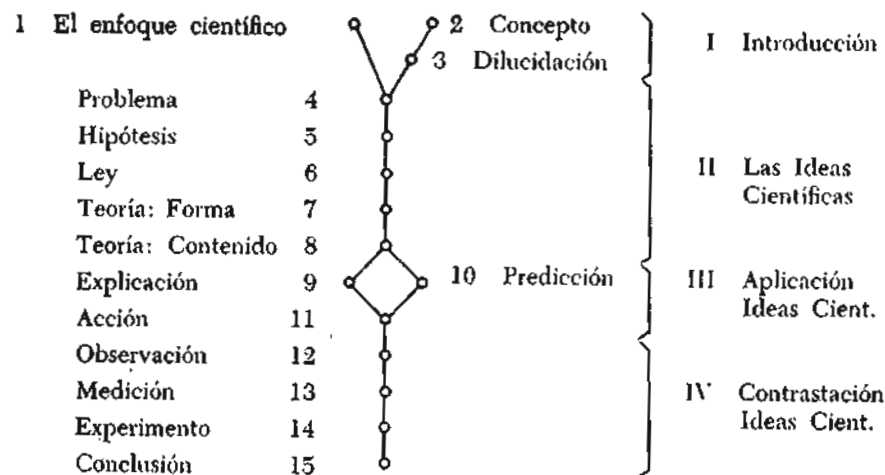
(*) *Nota añadida en pruebas.* Los cuatro Sabios del Reino * siguen vivos. Prótos y Deúteros sobrevivieron porque el verdugo no encontró en ellos cabeza que cortar. Trítos, porque tras la ejecución consiguió que le creciera un nuevo cráneo por convención. Tétartos, porque se inventó un cerebro nuevo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

CÓMO DEBE USARSE ESTE LIBRO

Este tratado de metodología y filosofía de la ciencia se divide en cuatro partes. La Parte I, *Introducción*, ofrece un primer conspecto 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 (*vid.* esquema en pág. sig.).

* 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 metacientíficas 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 Escala 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 *Diccionario de filosofía* de José Ferrater Mora, en 4 tomos (Madrid, Alianza Editorial, 1979), el mejor que se haya publicado en cualquier lengua.

PARTE I

ENFOQUE E INSTRUMENTOS

1. EL ENFOQUE CIENTÍFICO
2. CONCEPTO
3. DILUCIDACIÓN

Será conveniente empezar con una visión panorámica de los medios y fines que son 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.

tífica de ayer. La ciencia, en resolución, crece a partir del conocimiento común y lo 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 acontecimientos 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 espectroscopía 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 de validez y, en muchos temas, se encuentra muy lejos del conocimiento común, el cual va convirtiéndose progresivamente en ciencia fósil. Imaginémonos 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? Esta 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 está deshumanizada porque ha eliminado los elementos llamados humanos. Exáminese 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 H. CANTRIL, *The "Why" of Man's Experience*, New York, Macmillan, 1950, chap. 1. 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. Cfr. K. R. POPPER, *The Open Society and its Enemies*, 4th ed., London, Routledge and Kegan Paul, 1962, chap. 23.

1.1.3. Exáminese 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: Distingase entre contrastabilidad de principio (contrastación concebible) y contrastabilidad efectiva (la propiedad que tiene un enunciado de ser susceptible de contrastación con los medios existentes); búsquense 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 relevancia, 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", in *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1938, I, pág. 45, y A. J. AYER, *Language, Truth, and Logic*, 2nd. ed., London, Collier, 1953, pág. 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 porque chocan 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? Indicación: búsquense contraejemplos.

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 incoherentes 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 Fig. 1.1.

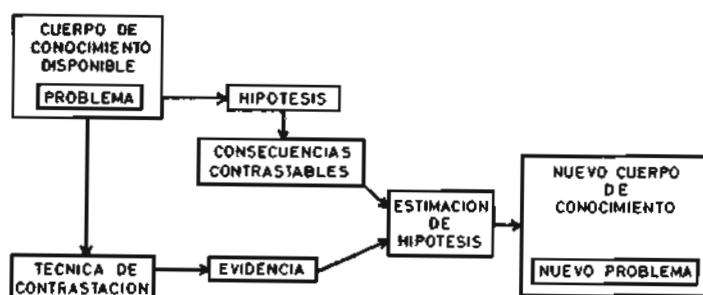


FIG. 1.1. Un ciclo de investigación. La importancia de la investigación científica se mide por los cambios que acarrea en nuestro cuerpo de conocimientos y/o por los nuevos problemas que suscita.

¿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, 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 definidas 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 neta-

mente 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 estructuras 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. (Cfr. Secc. 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 tácita, 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 (1682), in *Grammaire générale* [de Port Royal], París, Delalain, 1830, pág. 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 éste*: ¿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, página 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". Cfr. "A Common Faith", in D. BRONSTEIN, Y. H. KRIKORIAN and P. WIENER, eds., *Basic Problems of Philosophy*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall, Inc., 1955, pág. 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 anatomía descriptiva, 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. Cfr. su memoria del 10 de junio de 1822 in *Mémoires sur l'électromagnétisme et l'électrodynamique*, París, Gauthier-Villars, s. a., especialmente págs. 76-77. *Problema en lugar de éste*: estudiar la posibilidad de hallar una metodología general (praxeología) que se aplicara a todo tipo de trabajo, ya fuera intelectual, ya físico. Cfr. KOTARBINSKI, "De la notion de méthode", in *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. Cfr. R. A. FISHER, *The Design of Experiments*, 6th. edition, London, 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.º Los varios métodos de deducción. 2.º La inducción. 3.º El método hipotético-deductivo, o sea, el procedimiento que consiste en establecer hipótesis y explicitar sus consecuencias lógicas. 4.º La duda metódica de Descartes (que debe distinguirse de la duda sistemática de los escépticos). 5.º El método fenomenológico de Husserl. 6.º El método dialéctico de Hegel. 7.º 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 (cfr. 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 (cfr. 1.6.).

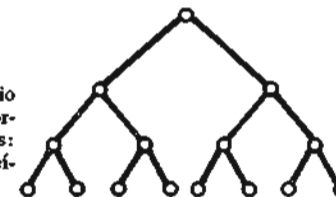
Las técnicas científicas pueden clasificarse en *conceptuales* y *empíricas*. Entre las primeras podemos mencionar las tácticas que permiten enunciar de un modo preciso problemas y conjeturas de cierto tipo, así como los procedimientos (algoritmos) para deducir consecuencias a partir de las hipótesis 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; cfr. Secc. 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 cono-

cidas 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,

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



necesitaremos un máximo de siete operaciones (preguntas). Si utilizamos un cuestionario ramificado podemos, en cambio, proceder del modo siguiente. Dividimos el campo de posibilidades (8 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. 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. Estos 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: $f(\cdot)$ es continua y sus valores en los puntos a y b son de signo contrario. (Cfr. 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 posi-

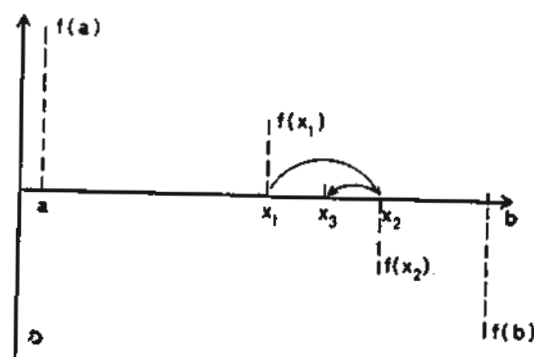


FIG. 1.3. Construcción de proposiciones progresivamente verdaderas mediante el método dicotómico. La solución exacta es el límite de la secuencia de soluciones aproximadas.

bilidades: 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 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 proce-

de 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 Seccs. 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 y la metodología general de una determinada disciplina científica. Cfr. P. LAZARSFELD and M. ROSENBERG, Eds., *The Language of Social Research*, Glencoe, Ill., The Free Press, 1955, págs. 9-10.

1.3.2. Comentar e ilustrar los catorce principios de investigación propuestos por E. BRIGHT WILSON, *An Introduction to Scientific Research*, New York, McGraw-Hill, 1952, págs. 140 y ss.

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. Cfr., por ejemplo, E. WHITTAKER and G. ROBINSON, *The Calculus of Observation*, 4th ed., London and Glasgow, Blackie & Son, 1944, Seccs. 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, London, Routledge, 1905, Aphorism LXI, pág. 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. Cfr. T. ABEL, "The Operation Called 'Verstehen'", *American Journal of Sociology*, 54, 211, 1948; W. H. WALSH, *An Introduction to Philosophy of History*, London, Hutchinson, 1958, especialmente pág. 58; M. BUNGE, *Intuition and Science*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, Inc., 1962, págs. 10-12.

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 depende 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). En cambio, los contenidos, cuando los hay, son rígidos. En particular, ninguna fórmula sintética se sigue nunca de fórmulas analíticas, ni ninguna fórmula analítica se sigue nunca de fórmulas sintéticas: el matemático no puede inferir nada acerca del mundo partiendo de su mero conocimiento matemático, y, análogamente, tampoco el físico puede establecer ningún teorema matemático sobre la base de su conocimiento fáctico.

Como toda fórmula tiene una u otra forma lógica —y a veces no es nada más que una forma lógica— podemos esperarnos 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 Seccs. 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 expues-

tu en el siguiente diagrama. El diagrama parece 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 pejiquera para la administración de la actividad científica y para los bibliotecarios. Nos espera otro tema más interesante: el objetivo de la investigación.

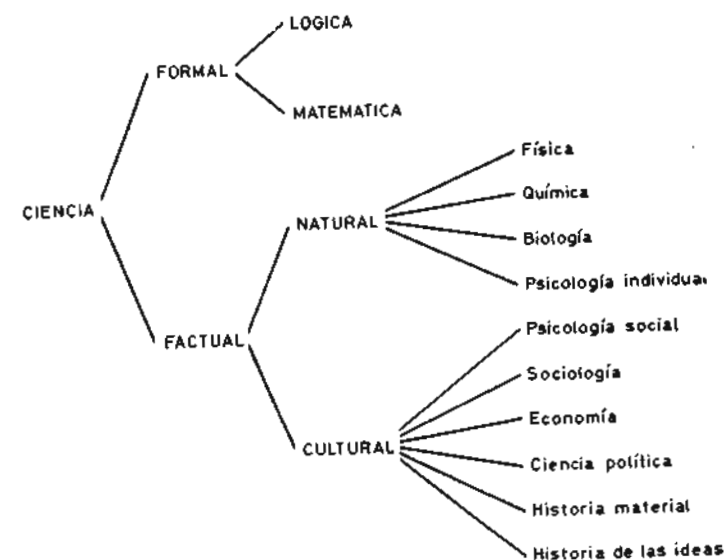


FIG. 1.4. Una clasificación de las ciencias. Se invita al lector a reordenarlas y a rellenar las numerosas lagunas.

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? Cfr. M. BUNGE, *The Myth of Simplicity*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, Inc., 1963, Chap. 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. CONSERV). 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. *Problema en lugar de ése*: admitido que el problema de la clasificación de las ciencias es ya un poco anacrónico, ¿se sigue de ello que todos los límites entre ciencias son artificiales y arbitrarios, o corresponden esos límites a diferencias objetivas en cuanto a tema y método especial? ¿Tiene la clasificación de las ciencias alguna relevancia para la ontología, la disciplina que estudia las categorías básicas, como objeto, espacio, tiempo, cambio?

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*. La *ciencia aplicada* y la *técnica* utilizan el mismo método general de la ciencia pura y varios métodos especiales de ella, pero los aplican a fines que son en última instancia prácticos. Si estos fines utilitarios no concuerdan con el interés público, la ciencia aplicada puede degenerar en ciencia impura, tema que se ofrece a la sociología de la ciencia para su estudio.

Por lo que hace a los objetivos, tenemos, pues, la siguiente división:

CIENCIA { PURA (p. e., biología)
APLICADA (p. e., patología) y TÉCNICA (p. e., medicina)

Las principales ramas de la tecnología contemporánea son:

TECNOLOGÍAS FÍSICAS (p. e., ingeniería eléctrica)
TECNOLOGÍAS BIOLÓGICAS (p. e., medicina)
TECNOLOGÍAS SOCIALES (p. e., investigación operativa)
TECNOLOGÍAS MENTALES (p. e., inteligencia artificial)

Se dice a veces que no hay tal división de las ciencias en puras y aplicadas, porque toda la ciencia apunta en última instancia a la satisfacción de necesidades de una u otra naturaleza; pero esta opinión pasa por alto los objetivos de unas y otras ciencias, y no consigue explicar las diferencias de actitud y motivación entre el investigador que busca una nueva ley natural y el investigador que busca una nueva cosa: el primero desea entender las cosas mejor, el segundo desea mejorar nuestro dominio de ellas. Otras veces se admite la diferencia, pero se sostiene que la ciencia aplicada es la fuente de la ciencia pura, en vez de a la inversa. Esta opinión es errónea: tiene que haber conocimiento antes de poder aplicarlo, a menos que se trate de una mera habilidad o capacidad de operar, en vez de conocimiento conceptual, en cuyo caso se trata de algo práctico desde el primer momento. (Cfr. 11.1 para más detalles.)

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, empujando, 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, *proto-ciencia*. 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 teóricas 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 expe-

riencia 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 mundo, 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. e., 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 estampa del todo, o sea, la estampa 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 abraza 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 concluso: 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 determinados), 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 resolu-

ción: 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 concep-

tos 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:

CIENCIA DE LA CIENCIA	{	EXTERNA	{	PSICOLOGÍA DE LA CIENCIA
				SOCIOLOGÍA DE LA CIENCIA
				HISTORIA DE LA CIENCIA
	{	INTERNA	{	LÓGICA DE LA CIENCIA
				METODOLOGÍA DE LA CIENCIA
				FILOSOFÍA 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? Cfr. Problema 1.1.2. 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 y/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 una acumulación 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 éste*: ¿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 (fisicalismo). (v) La unidad de la ciencia estriba en su unicidad de planteamiento (método y objetivos). *Problema en lugar de éste*: 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 éste*: Comentar la "Declaration of Interdependence in Science" [Declaración de la Interdependencia de las Ciencias], *Science*, 111, 500 (1950), texto en el cual se formulan la unidad de método y de objetivo de todas las ciencias.

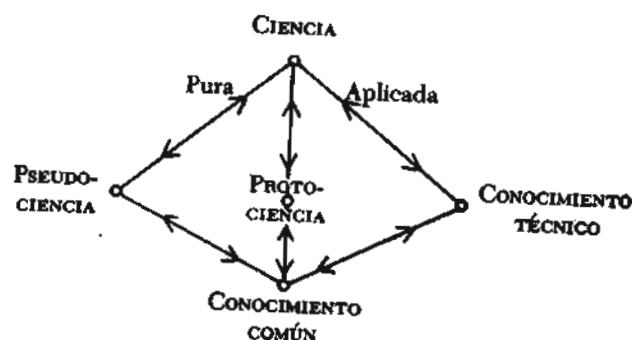
1.5.10. Discutir cada uno de los textos (preliminares) referentes a la ampliación del enfoque científico a temas tradicionalmente reservados a las humanidades. (i) N. RASHEVSKY, *Mathematical Biophysics*, 3rd. ed., New York,

Dover Publications, 1960, vol. II, Chap. XVI, sobre la estética, y *Mathematical Biology of Social Behavior*, 2nd. ed., Chicago, University of Chicago Press, 1959, Appendix IV, sobre historia. (ii). M. BUNGE, "Ethics as a Science", *Philosophy and Phenomenological Research*, 22, 139, 1961, y "An Analysis of Value", *Mathematicae Notae*, 18, 95, 1962. Problema en lugar de éste: Explicar por qué se siguen enseñando, al mismo tiempo que las correspondientes ciencias (puras o aplicadas), la antropología filosófica, la psicología filosófica, la filosofía política y la filosofía de la educación.

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 incontestable, 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 *rhabdomancia*. La tesis de la rhabdomancia es que ciertos individuos particularmente sensibles pueden percibir inconscientemente y directamente las heterogeneidades subterráneas, como minas o yacimientos de agua o petróleo. La técnica de la rhabdomancia 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 Péndulo → 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 rhabdomancia? En primer lugar, ni la tesis ni la técnica de la rhabdomancia 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, los cuales son a su vez sistemas físicos. Por otro lado, las técnicas corrientes de prospección geológica (por ejemplo, la producción de ondas sísmicas artificiales) 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 rhabdomancia 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 rhabdomancia. 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 rhabdomancia, 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 puede ser 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 aconteci-

mientos 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 desenfocando 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 *solá 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 verdadero; 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, y 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 muy 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 escasean cada vez más los media sensibles y visionarios? ¿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 las hipótesis cualitativas? ¿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*, London, Pitman Medical Publishing Co., 1960, Chap. 18. E. NAGEL, "Methodological Issues in Psychoanalytic Theory", in S. HOOK, ed., *Psychoanalysis, Scientific Method and Philosophy*, New 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, passim. L. BERKOWITZ, *Aggression*, New 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 acerca de cada uno de los siguientes artículos sobre parapsicología. W. FELLER, "Statistical Aspects of ESP", *Journal of Parapsychology*, 4, 271, 1940. R. ROBINSON, "Is Psychical Research Relevant to Philosophy?", *Proceedings of the Aristotelian Society*, Suppl. vol. XXIV, 189, 1950. J. L. KENNEDY, "An Evaluation of ESP", *Proceedings of the American Philosophical Society*, 96, 513, 1952. G. R. PRICE, "Science and the Supernatural", *Science*, 122, 359, 1955, y la subsiguiente discusión publicada en la misma revista, 123, 9, 1956. C. E. M. HANSEL, *ESP and Parapsychology: A Critical Re-Evaluation*, Buffalo, New York, Prometheus Books, 1980. J. ALCOCK, *Parapsychology: Science or Magic?*, Oxford, Pergamon Press, 1981. *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. La astronomía nació de la astrología, la química de la alquimia y la medicina del chamanismo. ¿Podemos inferir de eso que toda pseudociencia da nacimiento o, por lo menos, se convierte en una ciencia, y, consecuentemente, que la parapsicología y el psicoanálisis pueden tal vez dar lugar a nuevas ciencias?

1.6.7. Comentar alguno de los enunciados siguientes: (i) S. FREUD, *Introductory Lectures on Psychoanalysis*, 2nd. ed., London, Allen & Unwin, 1929, pág. 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 and F. BATEMAN, *Modern Experiments in Telepathy*, London, Faber and Faber, y New Haven, Conn., Yale University Press, 1954, pág. 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. Respecto de la defensa de *lugar de ése*: Analizar la opinión de P. K. FEYERABEND, en *Contra el método*, Madrid, Tecnos, 1979, de que la ciencia es un mito como cualquier otro, y de que no se diferencia de la pseudociencia.

BIBLIOGRAFÍA

- H. J. ACKOFF, *Scientific Method: Optimizing Applied Research Decisions*, New York and London, John Wiley & Sons, Inc., 1962, Chap. 1.
 M. HUNCE, *Metascientific Queries*, Springfield, Ill., Charles C. Thomas Publisher, 1959, Chaps. 1-3.
 —, *Method, Model, and Matter*, Dordrecht, Reidel, 1973.
 —, *Ciencia y desarrollo*, Buenos Aires, Siglo Veinte, 1980.
 —, *The Strategy of Inquiry*, Dordrecht and Boston, D. Reidel, 1983.
 J. B. CONANT, *On Understanding Science*, New Haven, Conn., Yale University Press, 1947.
 C. W. CHURCHMAN, R. L. ACKOFF and E. L. ARNOFF, *Introduction to Operations Research*, New York, London, John Wiley & Sons, Inc., 1957, Chap. 1.
 P. K. FEYERABEND, *Contra el método*, Madrid, Tecnos, 1979.
 M. GARDNER, *Fads and Fallacies*, New York, Dover Publications, 1957.
 H. MEHLBERG, *The Reach of Science*, Toronto, Toronto University Press, 1958, Part. II.
 L. K. NASH, *The Nature of the Natural Sciences*, Boston, Little, Brown and Co., 1963.
 E. NAGEL, *The Structure of Science*, New York, Harcourt, Brace & World, 1961.
 K. R. POPPER, *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos, 1962.
 E. B. WILSON, Jr., *An Introduction to Scientific Research*, New York, McGraw-Hill, 1952, Chap. 3.

CAPÍTULO 1

EL ENFOQUE CIENTIFICO

- 1.1. Conocimiento: Ordinario y Científico
- 1.2. El Método Científico
- 1.3. La Técnica Científica
- 1.4. Las Ramas de la Ciencia
- 1.5. Objetivo y Alcance de la Ciencia
- 1.6. Pseudociencia

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

La 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 cien-

CAPÍTULO 2

CONCEPTO

- 2.1. Lenguajes Científicos
- 2.2. Término y Concepto
- 2.3. Intensión y referencia
- 2.4. División, Ordenación y Sistemática
- 2.5. De la Sistemática Preteórica a la Teórica
- 2.6. Sistemática de Conceptos

A diferencia de las estructuras 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:

LENGUAJE	{ NATURAL (p. e., inglés)	
	{ ARTIFICIAL	{ CONCEPTUAL (p. e., la notación aritmética)
		{ NO-CONCEPTUAL (p. e., la notación musical)

(Algunos filósofos opinan que una ciencia no es más que un lenguaje artificial, lo que explica títulos como *El Lenguaje de la Física*, *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 *metalenguaje*. 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 *p* [2.1]

La proposición "*p*" es verdadera [2.2]

La sentencia '[2.2]' pertenece a un metalenguaje de *s* [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), *metaleyas* (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 antro-

pólogo, 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:

$$z = m \cdot y + n \quad [2.5]$$

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 aproximación primera (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] ó [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" (cfr. 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

Nombre	Símbolo	Lectura
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	$(x)_{\text{en } U}$	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 $(\exists x)_1 (Px)$, o $E! P(x)$
	INDEFINIDAS	$(\exists x) P(x)$
	GENERALES	PARTICULARES $(\exists x)_n P(x)$, con $n > 1$
		LIMITADAS $(x)_{x \in U} P(x)$
		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

Signo (objeto lingüístico)	Designatum (objeto conceptual)	Ejemplo	Símbolo
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	$B \text{ per } A$

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 Secc. 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 concreto 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 de la ciencia, 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 pensamiento, 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 (cfr. Secc. 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. Aquéllamente, 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 meta-lingüísticas, unas pocas sentencias propositivas y algunas sentencias regulativas. *Problema en lugar de éste:* Discutir la opinión popular según la cual cada fragmento de lenguaje científico es un conjunto de sentencias apofánticas (enunciativas o declarativas).

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 la minuta de un experimento y determinar si está formulada 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 cien-

tíficos; (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 llamarlos *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 teóricos (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, pág. 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. Cfr. W. WHEWELL, *Novum Organum Renovatum*, 3rd. ed., London,

Parker, 1858, págs. 264 ss., 294 ss., y N. R. HANSON, *Patterns of Discovery*, Cambridge University Press, 1958, págs. 54 ss.

2.1.9. Discutir el lugar del análisis sintáctico y semántico en la ciencia o en la filosofía. Cfr. C. W. MORRIS, *Foundations of the Theory of Signs*, vol. I, núm. 2, de la *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1939, especialmente Secc. vii; R. CARNAP, *The Logical Syntax of Language*, London, Routledge and Kegan Paul, 1937, especialmente 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 proposiciones, 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 (cfr. Secc. 21.1). 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, 'e' 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 físico; se representan esquemáticamente en la Tabla 2.4. Obsérvese que, de acuerdo con la convención adoptada en la Secc. 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.

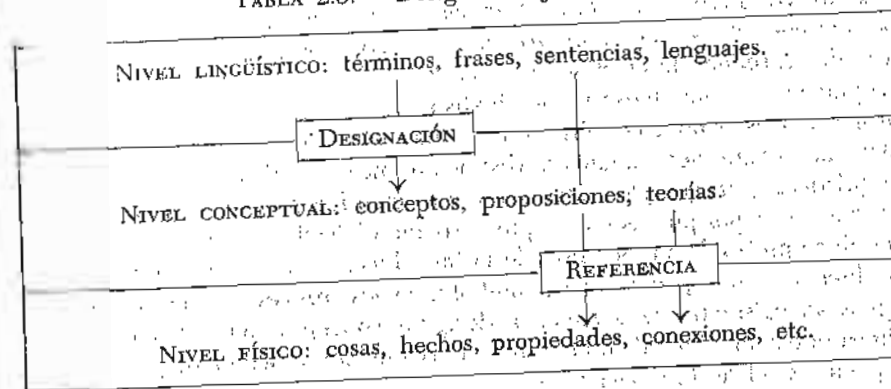
TABLA 2.4. — Niveles lingüístico, conceptual y físico

NIVEL LINGÜÍSTICO (Términos y frases)	'Darwin fue un científico' (Sentencia)	'c' = 'Darwin' (Término)	'e' = 'pertenec a' (Término)	'P' = 'científico del pasado' (Concepto)
NIVEL CONCEPTUAL (Conceptos y proposiciones)	"Darwin fue un científico" (Proposición)	"c" = "Darwin" (Concepto)	"e" = "pertenencia a clase" (Concepto)	"P" = "científico del pasado" (Concepto)
NIVEL FÍSICO (Hechos, cosas, propiedades, etc.)	El hecho de que Darwin fue un científico	El hombre Darwin	—	La colección de los 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 asimé-

trica 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', 'P' y 'c' 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 Secc. 1.4. mostró, sin embargo, que la ciencia maneja los 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.

Los *conceptos individuales* se aplican a individuos, ya determinados (conceptos individuales específicos), ya indeterminados (conceptos individuales genéricos); "Newton" es un concepto individual definido, determi-

TABLA 2.6. — Clases de conceptos

1	CONCEPTOS INDIVIDUALES ("c", "x")	
2	CONCEPTOS DE CLASES ("cobre", "viviente")	
3	CONCEPTOS RELACIONALES	$\left\{ \begin{array}{l} \text{No-comparativos} \\ \text{Comparativos ("} \leq \text{"}, \text{"más adaptado que"}) \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{RELACIONES PROPIAMENTE DICHAS ("e", "entre")} \\ \text{OPERADORES ("&", "+")} \end{array} \right.$
4	CONCEPTOS CUANTITATIVOS ("población", "longitud").	

nado 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 $\leq$, 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 converso, a saber, "raíz cuadrada de", 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 $\subset$. 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 una *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 " $y = ax$ ".

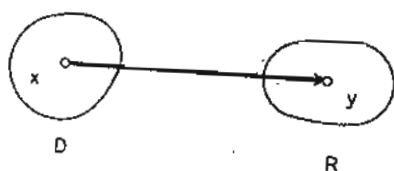


FIG. 2.1. Una función f refleja su dominio D sobre su codominio R , y puede, por tanto, escribirse: ' $f: D \rightarrow R$ ', o ' $y = f(x)$ '.

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 representados 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:

$$T(\sigma, s) = t$$

[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. Secc. 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 *distincuir 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; 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 · Aceleración de la gravedad", 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.

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

TABLA 2.7. — Estructura lógica de los conceptos

TIPO DE CONCEPTO	ESTRUCTURA LÓGICA
INDIVIDUAL Ejs.: Marte, Juan García	Constantes individuales ($a, b, \dots$) y variables individuales ($x, y, \dots$)
DE CLASE Ejs.: Sólido, Hombre	Predicados monádicos P (constantes o variables) o las clases correspondientes: $C_1 = \{x \mid P(x)\}$
DE RELACIÓN Ejs.: Parte de, Entre	Predicados poliádicos (predicados de grado superior): $F(x, y), F(x, y, z), \dots$, o las clases correspondientes: $C_2 = \{x, y \mid F(x, y)\}, C_3 = \{x, y, z \mid F(x, y, z)\}$.
CUANTITATIVOS Ejs.: Numerosidad, Masa	Funtores numéricos: $F(x) = y, F(x, y) = z, \dots$

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 una 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.

*Tampoco es posible hacer lo contrario, es decir, prescindir de los más fuertes en favor de los más débiles. Lo que sí puede hacerse es establecer relaciones definidas entre ellos. En particular, es posible definir relaciones a base de la teoría de conjuntos. Así, una relación diádica, R , puede considerarse como el conjunto de los *pares ordenados* $\langle x, y \rangle$ de sus relata. O sea: $R = \{\langle x, y \rangle\}$, pares en los cuales cada x está asociado a un y en el orden indicado. Por ejemplo, la relación "cuadrado de" en el conjunto de los enteros positivos puede considerarse como el conjunto

infinito de los pares ordenados: $^2 = \{\langle 1, 1 \rangle, \langle 2, 4 \rangle, \langle 3, 9 \rangle, \dots\}$. Con esta representación de las relaciones como clases de pares, triplos, etc. —y no como clases de individuos— la teoría de las relaciones se reduce a la teoría de las clases —al menos en el aspecto formal.

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'. *Problema en lugar del anterior:* Tachar las sentencias incorrectas de entre las siguientes: '2 es abreviatura de $1 + 1$ ', '2 es abreviatura de $1 + 1$ ', '2' es abreviatura de $1 + 1$ ', '2' es abreviatura de $1 + 1$ '.

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 ". Cfr. J. H. WOODGER, *Biology and Language*, Cambridge University Press, 1952, págs. 126-7.

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 de x alrededor de y z° "). *Problema en lugar del anterior:* Explicitar la estructura lógica de los conceptos de probabilidad absoluta y relativa, y construir partiendo de ellos el concepto de clase "probable".

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, cfr. P. SUPPES, *Introduction to Logic*, Princeton, N. J., Van Nostrand, 1957, pág. 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. Cfr. G. FREGE, *The Foundations of Arithmetic* [*Grundlagen der Arithmetik*, 1884], New York, Harper, 1960, secc. 51. *Problema en lugar del anterior:* Examinar el "cosismo" ("No existen más que cosas individuales") como posible justificación doctrinal del extensionalismo (anti-intensionalismo):

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? *Problema en lugar del anterior:* Supongamos que S es un signo y R es un operador tal que $RS = "S"$, o sea, que el efecto de R sobre S es el concepto designado por S . Mostrar que, si S designa un concepto sin contrapartida real, entonces $R = I$, siendo I el operador identidad. ¿Qué ocurre si S tiene un referente real?

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 referencia 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

modos de inmateralidad, separabilidad del cuerpo, acción rectora sobre este, 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 biológica, 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 intención 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 intención $I(C)$ de un concepto C es, pues, el 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 intención 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 intención de los conceptos generales está incluida en —o es a lo sumo idéntica con— la intención 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 'C' 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 $I(E)$:

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

Por ejemplo, si $G = \text{"triángulo"}$, y $E = \text{"triángulo rectángulo"}$, entonces $\text{Differentia } (E, G) = \text{"un ángulo es recto"}$.

Condición suficiente para la determinación inequívoca de la intención 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,

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

Es claro, entonces, que la intensidad 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 intensidad de un concepto; pero no es absolutamente necesario que todo concepto tenga una intensidad 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 intensidad 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 intensidad 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-oído 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 intensidad 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:

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

Recuérdese que las m propiedades definitorias pueden ser una pequeña

parte de las que constituyen la intensidad 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 intensidad 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 ' ϕ ', y la clase universal por ' U '.

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

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

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 intensidad de C' está incluida en la intensidad de C , o la extensión de C está incluida en la extensión de C' . *Simbólicamente:

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

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. Siempre que un concepto supone más de una sola variable puede ser necesario especificar sus varias *extensiones parciales*, que serán los campos de variabilidad de sus varias variables. Así, para un concepto relacional diádico, $C(x, y)$, tenemos:

$$E_1(C) = \{x \mid (\exists y) C(x, y)\}; E_2(C) = \{y \mid (\exists x) C(x, y)\} \quad [2.18]$$

Suele llamarse a $E_1(C)$, como dijimos, el *dominio* de C , y a $E_2(C)$ el *dominio converso* de C . La unión de ambos dominios se llama *campo* de la relación $C(C) = E_1(C) \cup E_2(C)$. Y la *extensión total* del predicado diádico $C(x, y)$ puede definirse como el conjunto de los pares ordenados de sus argumentos, o sea:

$$E(C) = \alpha \{ \langle x, y \rangle \mid C(x, y) \} \quad [2.19]$$

A su vez, este conjunto de pares ordenados puede analizarse reduciéndolo al *producto cartesiano* (o producto cruzado) de las extensiones parciales de $C(x, y)$:

$$E(C) = E_1(C) \times E_2(C) \quad [2.20]$$

Este 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; pero, desde luego, no tiene utilidad alguna introducir nombres especiales para $E_3[C(x, y, z)]$ y las demás extensiones parciales.

En el caso de los conceptos cuantitativos, o magnitudes, es útil distinguir entre las *extensiones objetivas* (los varios campos de las variables individuales, o de objeto), y las *extensiones numéricas* (los varios campos de las variables numéricas). Considérese el concepto de punto de fusión en una determinada escala de temperaturas; la estructura de ese concepto es: " $M(x, s) = y$ ". La extensión objetiva de "punto de fusión" es el conjunto de todos los sólidos; su extensión numérica, expresada en la escala Kelvin

en su correspondiente marco sistemático), es el intervalo de temperaturas $[1^\circ, 3.000^\circ]$ aproximadamente. Por tanto, decir que "punto de fusión" denota un número o un subconjunto del conjunto de los números reales es expresar a medias; la otra mitad de la idea es que el concepto denota un conjunto de cuerpos y un conjunto de convenciones para la atribución de números.

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

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

Donde t un número real. Dicho de otro modo, T es una *función* de pares ordenados cuerpo-escala a números reales. Llamando C al conjunto de cuerpos, S al conjunto de escalas de temperatura, y R al conjunto de los números reales, la forma del concepto general de temperatura resulta ser:

$$T : C \times S \rightarrow R \quad [2.21]$$

Imaginemos, por ejemplo, un universo de juguete que consta exactamente de tres cuerpos, llamados a , b y c , cada uno de los cuales no puede tomar sino uno de dos valores de temperatura expresados con la escala de Kelvin: 0 y 100 grados de temperatura absoluta, o $^\circ K$. Tenemos entonces las correspondencias siguientes, que son otros tantos casos particulares de [2.21]:

$$\begin{array}{ll} \langle a, ^\circ K \rangle \mapsto 0, & \langle a, ^\circ K \rangle \mapsto 100 \\ \langle b, ^\circ K \rangle \mapsto 0, & \langle b, ^\circ K \rangle \mapsto 100 \\ \langle c, ^\circ K \rangle \mapsto 0, & \langle c, ^\circ K \rangle \mapsto 100 \end{array}$$

En este caso, el *dominio* de la función T es el conjunto de los tres pares ordenados $\langle a, ^\circ K \rangle$, $\langle b, ^\circ K \rangle$ y $\langle c, ^\circ K \rangle$, en tanto que su *alcance* es el conjunto $\{0, 100\}$.

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

$$M : A \times B \times \dots \times N \rightarrow R_0 \quad [2.22]$$

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,

$$M_c : C \times U_M \rightarrow R^+, \quad M_r : C \times F \times U_M \rightarrow R^+, \quad [2.23]$$

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 "incommensurables" 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 ' U ' 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,

$$R(M) = A \cup B \cup \dots \cup N \cup R, \quad R_f(M) \subset R(M). \quad [2.24]$$

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

$$D: E \times E \times F \times S_D \rightarrow R^+, \quad [2.25]$$

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 intención 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 intención y su referencia en un pie de igualdad. Más precisamente, definiremos el *significado* del concepto C como el par ordenado: intención de C -referencia de C . Brevemente,

$$\text{Sig}(C) =_{\text{df}} \langle I(C), R(C) \rangle. \quad [2.26]$$

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:

$$\text{Si } s \text{ Des } C, \text{ entonces } \text{Signif}(s) =_{\text{df}} \langle I(C), R(C) \rangle \quad [2.27]$$

En las ciencias se maneja frecuentemente lo que puede llamarse la *intención 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]:

$$\text{Sig}_n(C) =_{\text{df}} \langle I_n(C), R_n(C) \rangle. \quad [2.28]$$

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 intención y la misma referencia:

$$s \text{ Sin } s' =_{\text{df}} [s \text{ Des } C \ \& \ s' \text{ Des } C' \rightarrow I(C) = I(C') \ \& \ R(C) = R(C')] \quad [2.29]$$

(Obviamente, sólo un conocimiento de las intenciones 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 intenciones 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. Esta 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, intensionalmente, 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 del teorema de la teoría de conjuntos: $A \rightarrow B = A \cap B$. Calcular la suma booleana de $I(E)$ e $I(G)$, recordando que $A \vdash B =_{\text{at}} (A \rightarrow B) \cup (B \rightarrow A)$, y que $I(G) \rightarrow I(E) = \phi$.

2.3.2. Discutir el siguiente texto de Frege, tomado de *The Foundations of*

Arithmetico [1884 alemán], New York, Harper, 1960, secc. 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 propiedad 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. Llevar a cabo un análisis extensional de un concepto que tenga la estructura de un predicado n -ádico $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$. *Problema en lugar del anterior*: En la ciencia contemporánea, la extensión del concepto "fuerza vital" es vacía. ¿Basta esto para condenar al concepto de fuerza vital por ser un sentido, 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. *Problema en lugar de ése*: ¿Es posible determinar la connotación de los conceptos científicos prescindiendo de los sistemas en los que se presentan? ¿Y es posible

determinar la extensión de conceptos científicos con referencia externa sin utilizar datos científicos?

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.

2.3.10. Examinar la situación actual del problema de la sinonimia. No dejar de distinguir entre sentido pragmático y sentido semántico de 'significación'. Cfr. L. LINSKY, ed., *Semantics and the Philosophy of Language*, Urbana, Ill., University of Illinois Press, 1952, especialmente el trabajo de C. I. LEWIS, "The Modes of Meaning"; de N. GOODMAN, "On Likeness of Meaning", y de B. MATES, "Synonymity"; R. CARNAP, *Meaning and Necessity*, 2nd. ed., Chicago, University of Chicago Press, 1956; W. V. O. QUINE, *World and Object*, New York and London, Technology Press of the M. I. T., y John Wiley and Sons, 1960; M. BUNGE, *Sense and Reference*, Dordrecht, Reidel, 1974.

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 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 *seres* (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. Estos 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 (cfr. Secc. 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):

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

ϕ 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
-----------	----------	------------	--------

$$A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup A_4 = U, \quad A_i \cap A_j = \phi, \text{ con } i \neq j$$

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:

H — He — Li — Be — B — ... Cf — Es — Fm — Md — No — Lw

(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 combina 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 períodos) 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 período 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 lineal es, en zoología, esencialmente como sigue:

Reino (p. e., Animalia)	T ₇
Phylum (p. e., Chordata)	T ₆
Clase (p. e., Mammalia)	T ₅
Orden (p. e., Primates)	T ₄
Familia (p. e., Hominidae)	T ₃
Género (p. ej., <i>Homo</i>)	T ₂
Especie (p. e., <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, $\subset$, 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 Secc. 2.2: (i) Es no-simétrica, o sea: si $A \subseteq B$, entonces $\neg (B \subseteq A)$. (ii) Es reflexiva: $A \subseteq A$, mientras que la relación de inclusión propiamente dicha, $\subset$, es irreflexiva: $\neg (A \subset A)$. (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:

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

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

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

La primera fórmula dice que la división es exhaustiva, y la segunda dice que las partes son disyuntas dos a dos, o recíprocamente excluyentes. (Hablaemos de casos limítrofes en la Secc. 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:

$$F_1, F_2 \subset U$$

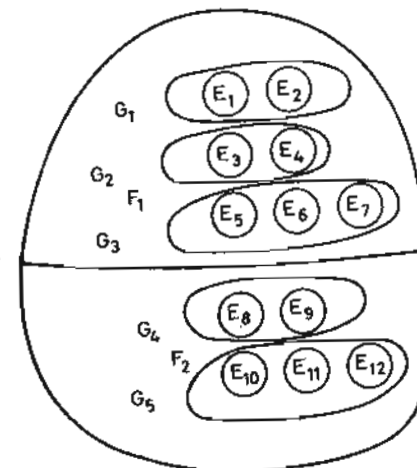
$$G_1, G_2, G_3 \subset F_1; \quad G_4, G_5 \subset F_2$$

$$E_1, E_2 \subset G_1; \quad E_3, E_4 \subset G_2; \quad E_5, E_6, E_7 \subset G_3; \quad E_8, E_9 \subset G_4; \quad E_{10}, E_{11}, E_{12} \subset G_5.$$

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 relaciones.

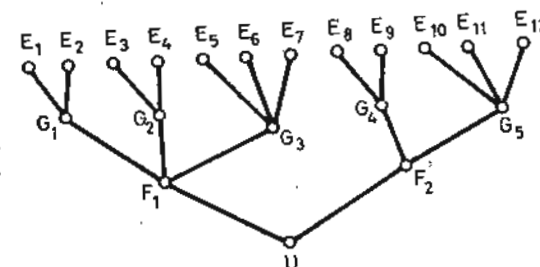
(Cfr. figs. 2.2 y 2.3.) Se trata de representaciones visuales y equivalentes de una misma red de relaciones lógicas; son lógicamente equivalentes. Además, lo que ponen de manifiesto son relaciones puramente lógicas entre conjuntos; en particular, un diagrama de Euler-Venn no representa un conjunto de relaciones de parte a todo entre cosas, ni un árbol representa en este caso un árbol genealógico.

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



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 taxo-

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



nómicas son *clases*; (v) Excepto los conjuntos sistemáticos inferiores (especies), las categorías taxonómicas son *clases de clases*: sólo las especies son clases de cosas, conjuntos de poblaciones de organismos individuales.

(vi) Sólo los conceptos de especie (como "Homo sapiens") tienen referencias reales inmediatas, a saber, poblaciones. Todos los conceptos taxonómicos superiores se refieren a categorías inferiores, o sea, a otros conceptos, no a entidades extraconceptuales (organismos): son pues *conceptos de conceptos*. No son conceptos puros, sino conceptos que aluden mediatamente a objetos concretos, a saber, a organismos individuales.

(La vieja controversia filosófica sobre la realidad o irrealidad 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 subsumción 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. En una jerarquía son *conceptos*, y no proposiciones (por ejemplo, enunciados legaliformes) lo que queda ensamblado de un modo lógicamente determinado, a saber, a través de la relación de inclusión entre clases.

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

subordinan 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. Formular simbólicamente las propiedades de las relaciones que producen (i) ordenaciones parciales y (ii) ordenaciones parciales estrictas. Cfr. P. HERRNS, *Introduction to Logic*, Princeton, N. J., Van Nostrand, 1957, sec. 10.5. *Problema en lugar de éste*: Lo comestible lo es para alguna especie o conjunto de especie, y generalmente será comestible en parte sólo. ¿Invalida eso la dicotomía del universo de las cosas en comestibles e incomedibles?

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) recíprocamente 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? Cfr. E. MAYR, "Concepts of Classification and Nomenclature in Higher Organisms and Microorganisms", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 56, 391, 1952. Indicación: distinguir entre especie y "especie".

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 torpedo 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 (a menos de usar el concepto físico de color, y no el fisiológico). 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 alta proporción 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: sugieren 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 o indicios objetivadores, cfr. Secc. 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 respectos. 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 (cfr. Secc. 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. Cfr. fig. 2.4.

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);

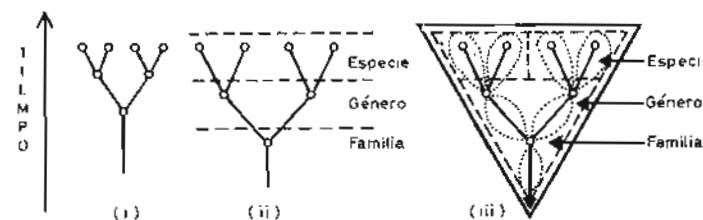


FIG. 2.4. Relaciones entre filogenia y taxonomía. En (i) se representa un árbol filogenético (dendrograma) hipotético. En (ii) se ha llevado a cabo una división incorrecta. En (iii) se tiene una clasificación correcta. (Según G. G. Simpson.)

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 carac-

teriza básicamente por un conjunto de números que representan los valores numéricos de propiedades introducidas por la teoría atómica, e impenables 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, cfr. Secc. 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 super-ciencia: 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 (thiamina, riboflavina, ácido nicotínico, etc.) que no tienen nada en común salvo su presencia conjunta en ciertos alimentos. *Problema en lugar del anterior:* ¿Qué es lo primero: las operaciones de identificación de un individuo como miembro de un grupo y la ordenación de grupos, o la formación de los conceptos propiamente dichos de esos grupos? Indicación: adoptar un punto de vista evolucionista.

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.

División según los objetos

1. Botánica
Subdivisiones: briología, micología, dendrología, silvicultura, etc.
2. Zoología
Subdivisiones: entomología, ictiología, herpetología, ornitología, etc.

División según los problemas

1. Morfología (forma y estructura)
Anatomía
Histología
Citología
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")? *Problema en lugar de éste:* ¿Por qué se encuentra en una situación de perplejidad la clasificación de los virus? Cfr. N. W. FINE, "Principles of Classification Illustrated by the Problem of Virus Classification", *Perspectives in Biology and Medicine*, V, 446, 1962.

2.5.4. Considerar el árbol genealógico de la fig. 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 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.)

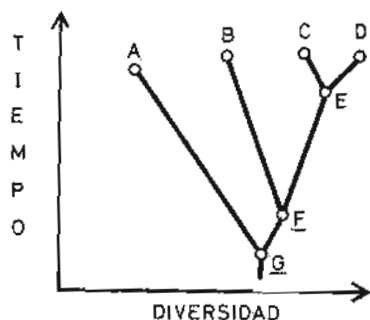


FIG. 2.5. Árbol genealógico del problema 2.5.4.

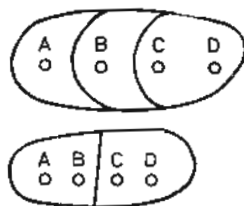


FIG. 2.6. Diagramas de Euler-Venn correspondientes a la fig. 2.5.

2.5.5. ¿Cuál de los diagramas de la fig. 2.6 es la interpretación correcta del árbol filogenético del problema anterior? (Misma fuente.) *Problema en lugar de éste:* ¿Suministra el dendrograma una representación completa de la filogénesis? Cfr. D. L. HULL, "Consistency and Monophyly", *Systematic Zoology*, 13, 1, 1964.

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 instrumento 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". (Frases encontradas en una reciente publicación científica.)

2.5.7. Discutir la propuesta (hecha por J. Huxley en 1958) de que cada taxon 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 del 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? ¿E

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 anatómofisiológicos (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 omniocuencia 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 predichos 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. Cfr. E. MAYR, ed., *The Species Problem*, Washington, American Association for the Advancement of Science, 1957, y P. C. SYLVESTER-BRADLEY, ed., *The Species Concept in Paleontology*, London, Systematics Association, 1958. Utilizar también números recientes de revistas de biología, en particular *Systematic Zoology*.

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 (*vid.* pág. sig.).

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 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.

TABLA 2.8. — *Funciones de los conceptos*

CONCEPTOS	FORMALES	BÁSICOS: los que suministran las fundamentaciones racionales, como "y", "todos", "conjunto", "raíz cuadrada", "distancia", "grupo".
		METALÓGICOS: los que se presentan en análisis y teorías de teorías formales, p. e., "fórmula bien formada", "demostrable", "axioma", "teorema", "teoría".
	NO-FORMALES	DESCRIPTIVOS: los que nos permiten describir material fáctico de experiencia, como "cuerpo", "rojo", "cerca", "acontecimiento", "entre", "líquido".
		INTERPRETATIVOS: los que se presentan en la interpretación de descripciones, como "especie", "átomo", "tasa de nacimientos", "motivación", "inhibición".
		PRESCRIPTIVOS: los que se presentan esencialmente en normas, reglas y convenciones, p. e., los designados por verbos en imperativo.

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 entreteñerse 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 electro-magnética), "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 ordi-

TABLA 2.9. — *Sistemática de los conceptos teóricos factuales*

CONCEPTOS TEÓRICOS FACTUALES	GENÉRICOS	ONTOLÓGICOS: tema propio de la ontología. Ejs.: "materia", "sistema", "acontecimiento", "proceso", "evolución", "espíritu", "ley", "azar".
		METACIENTÍFICOS: tema propio de la metaciencia. Ejs.: "hipótesis", "enunciado legaliforme", "contrastación", "confirmación", "sistemática".
	ESPECÍFICOS	OBSERVACIONALES: que refieren a entidades o propiedades observables. Ejs.: "cuerpo", "posición", "yuxtaposición", "estímulo", "respuesta", "número de confirmaciones". No-OBSERVACIONALES: que no denotan entidades o propiedades de experiencia. Ejs.: "centro de gravedad", "aprendizaje", "valencia", "poder político".

narios (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 (cfr. 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 validez, 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 teóricos *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 enun-

ciados 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 *intermedios* (axiomas) de una teoría; algunos de esos conceptos teóricos 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 ex-abrupto en los axiomas (o sea, son nociones primitivas, o indefinidas) y no refieren a ningún rango 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 (cfr. 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.

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,

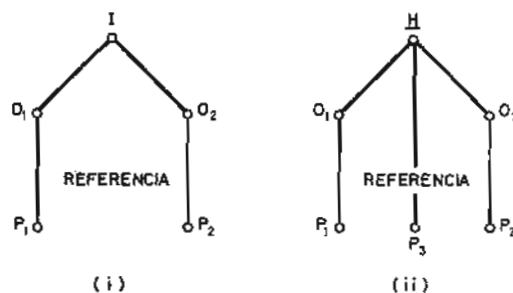


FIG. 2.7. Variables intermedias y construcciones hipotéticas. (i) La variable intermedia I media entre los conceptos observacionales O_1 y O_2 que denotan las propiedades P_1 y P_2 respectivamente, pero I misma no se refiere a ninguna propiedad. (ii) La construcción hipotética H media entre los conceptos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

mientras que las intensidades de campo son construcciones hipotéticas; o sea: a los potenciales no se les atribuye ninguna significación física independiente, 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 presentan, 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 *mi* 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*, New York, Dover, 1956, pág. 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 teóricos y conceptos interpretativos. Advertencias: "número de convalidaciones" es a la vez observacional e interpretativo, e "intención" es interpretativo, pero, hasta hoy día, no teórico.

BIBLIOGRAFÍA

- M. BUNGE, *Sense and Reference*, Dordrecht, Reidel, 1974.
 —, *Filosofía de la física*, Barcelona, Ariel, 1978.
 R. CARNAP, *Introduction to Symbolic Logic and its Applications*, New York, Dover, 1958.
 R. CARNAP, *Introduction to Semantics*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1942.
 G. FREGE, *Translations from the Philosophical Writings of*, ed. by P. G. Geach and M. Black, Oxford, Blackwell, 1960.
 J. R. GREGG, *The Language of Taxonomy*, New York, Columbia University Press, 1954.
 P. R. HALMOS, *Naive Set Theory*, Princeton, Van Nostrand, 1960.
 C. G. HEMPEL, *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science*, vol. II, núm. 7 de la *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1952.
 —, "Introduction to Problems of Taxonomy", in J. Zubin, ed., *Field Studies in the Mental Disorders*, New York, Grune & Stratton, 1961.
 F. HENMUELLER and K. MENCER, "What is Length", *Philosophy of Science*, 28, 172, 1961.
 W. HENNIG, *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*, Berlin, Deutscher Zentralverlag, 1950.
 —, "Systematik und Phylogenese", in *Bericht über die Hundertjahrfeier der Deutschen Entomologischen Gesellschaft Berlin*, Berlin, Akademie Verlag, 1956.
 W. STANLEY JEVONS, *The Principles of Science*, 1874, New York, Dover, 1958, Chap. XXX.
 C. I. LEWIS, "The Modes of Meaning", *Philosophy and Phenomenological Research*, 4, 236, 1943.
 K. MACCORQUODALE and P. E. MEEHL, "Hypothetical Constructs and Intervening Variables", *Psychological Review*, 55, 95, 1948.
 R. M. MARTIN, *Truth and Denotation*, Chicago, University of Chicago Press, 1958. Trad. cast., *Verdad y denotación*, Madrid 1962.
 M. H. MARK, ed., *Psychological Theory: Contemporary Readings*, New York, Macmillan, 1951, Chap. III.
 E. MAYR, *Principles of Systematic Zoology*, New York, McGraw-Hill, 1968.
 K. MENCER, "On Variables in Mathematics and in Natural Science", *British Journal for the Philosophy of Science*, 5, 134, 1954.
 C. MORRIS, *Foundations of the Theory of Signs*, vol. I, núm. 2 de la *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1938.
 E. NAGEL, *Logic Without Metaphysics*, Glencoe, Ill., The Free Press, 1956, Chaps. 4 y 5.
 W. V. O. QUINE, *Word and Object*, New York and London, The Technology Press of the M. I. T. and John Wiley, 1960. Trad. cast., *Palabra y objeto*, Barcelona 1968.
 M. SACRISTÁN, *Introducción a la lógica y al análisis formal*, Barcelona, Ariel, 1964.
 G. G. SIMPSON, *Principles of Animal Taxonomy*, New York, Columbia University Press, 1961, Chaps. 1 y 2.

- G. G. SIMPSON, *Why and How*, Oxford, Pergamon Press, 1980.
 P. SUPPES, *Introduction to Logic*, Princeton, N. J., Van Nostrand, 1957, Chaps. 9 y 10.
 H. TOLLENDIUM, *A Logical Analysis of the Theory of Relativity*, Stockholm, Almqvist & Wiksell, 1952, sections 28, 29 y 31.
 J. H. WOODGER, *Biology and Language*, Cambridge University Press, 1952.

(las llamaremos "referencias") que desempeñan la función frecuentemente atribuida a las "definiciones" operativas.

CAPÍTULO 3

DILUCIDACIÓN

- 3.1. Vaguedad y Casos Límitrofes
- 3.2. Precisión
- 3.3. Definición
- 3.4. "Problemas de la Definición"
- 3.5. Interpretación
- 3.6. Procedimientos Interpretativos
- 3.7. La "Validez" de los conceptos

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

3.1. Vaguedad y Casos Límitrofes

'Campo', 'pila' 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 estipulaciones (criterios convencionales) para determinar su dominio de aplicabilidad.

Como todo concepto tiene una intensión y una extensión (cfr. Secc 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 $K(C) \subset I(C)$, 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 :

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

Y como sólo $K(C)$ está bien determinado, el concepto de vaguedad intensional es él mismo vago. Y si utilizamos la intensión nuclear $I_n(C)$ (cfr. Secc. 2.3) en vez de la intensión conocida $K(C)$, admitimos incluso una zona más amplia de vaguedad, puesto que $I_n(C) \subset K(C)$. 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 $K(C)$. (Cfr. fig. 3.1.)

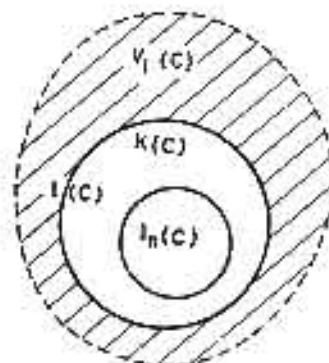


FIG. 3.1. Vaguedad intensional: la zona rayada (cuyo límite externo es impreciso). Los círculos representan conjuntos de propiedades, no de individuos.

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.

*Esta sugerencia puede precisarse más. Para conceptos determinados, 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, la dimensión o medida de esa parte común es cero: $M\{E(C) \cap E(\bar{C})\} = 0$. Tales son los conceptos tajantemente determinados 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:

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

Análogamente, el concepto de determinación extensional puede definirse así:

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

Como $M(C \cap \bar{C}) = M(\bar{C} \cap C) = M(C \cap \bar{C})$, concluimos que $V_e(C) = V_e(\bar{C})$, 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 pueda 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 Secc. 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:

$$\text{Indeterminación de Significación (s)} = V(C) = \langle V_d(C), V_a(C) \rangle \quad [3.5]$$

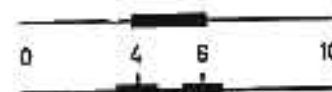
Examinemos ahora el alcance metodológico del concepto de vaguedad.

¿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 (cfr. Secc. 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 categoría de transición y

"aceptables". (Cfr. 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

FIG. 3.2. La división más fina redistribuye la vaguedad.



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.

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 ningún 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 $C_{12} \cap (C_1 \cap C_2) \neq \phi$). Supongamos además que cada uno de los tres conceptos está claramente definido por sus notas inequívocas (cfr. Secc. 2.3), del modo siguiente:

$$\begin{aligned} C_1x &=_{\text{def}} R_{1x} \& R_{2x} \& \dots \& R_{rx} \\ C_{12}x &=_{\text{def}} T_{1x} \& T_{2x} \& \dots \& T_{tx} \\ C_2x &=_{\text{def}} M_{1x} \& M_{2x} \& \dots \& M_{mx} \end{aligned}$$

(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

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

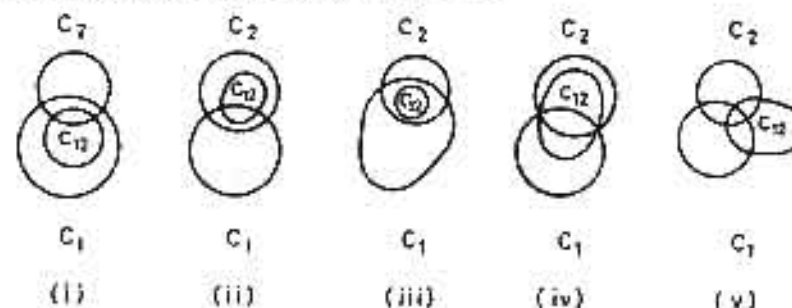


FIG. 3.3. Las relaciones posibles (en intensión) entre el grupo de transición C_{12} su antepasado inmediato y su descendiente inmediato.

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

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

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

(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.

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, solo 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 limitrofe 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 concluyente, habla en favor de la solución de incluir *Therapsida* en *Mammalia* o de concebirlos 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 Secc. 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 intenciones 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. Puede verse una crítica del principio y una personal solución al problema en C. I. LEWIS, "The Modes of Meaning", *Philosophy and Phenomenological Research*, 4, 236, 1943.

3.1.3. ¿Sostendríamos que toda persona es o calva o no calva? En caso negativo, ¿inferiríamos 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? Cfr. B. RUSSELL, "Vagueness", *The Australasian Journal of Psychology and Philosophy*, 1, 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 $V(c) = V(A) = \langle 0, 0 \rangle$. 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 medición de

vaguedad dilere 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 $V(p_2) = \langle 1/2(a_1 + b_1), 1/2(a_2 + b_2) \rangle$. Para un enfoque diferente, que utiliza los conjuntos difusos, 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 honesta, 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 esos limítrofes, ¿hace que la teoría de conjuntos sea inaplicable a la taxonomía?

3.1.8. Exponer la discusión entre L. VAN VALEN, *Evolution*, 14, 304, 1960, C. A. REED, *id.*, 314, y G. C. SMITHSON, *id.*, 388, acerca del origen de los mamíferos y la clasificación de las especies intermedias entre los reptiles y los mamíferos.

3.1.9. ¿Debe la sistemática biológica ser monofilética (origen único de cada categoría), polifilética (origen múltiple de cada categoría) o eclética? Y qué tipo de consideraciones deben dominar esta discusión: ¿consideraciones lógicas, empíricas o teóricas? Cfr. M. BECKNER, *The Biological Way of Thought*, New York, Columbia University Press, 1959, págs. 73 ss.

3.1.10. ¿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 sistema falso, y existe la posibilidad de combinar la búsqueda empírica de constancias con consideraciones teóricas que las expliquen? *Problema en lugar del anterior*: 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. Precisión

Los conceptos se engendran y se crían de diversos modos: construyendo clases (p. e., "mamífero"), agrupando clases en clases más amplias (por ejemplo, "vertebrado"), descubriendo relaciones (p. e., "ascendencia"), inventándolos (p. e., "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 anti-conceptivas, 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 Cap. 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. e., "fuerza muscular"); (ii) afinamientos de conceptos tomados del conocimiento común (p. e., "fuerza" en física); (iii) conceptos de introducción nueva (p. e., "entropía"). Ningún elemento del discurso científico se mantiene enteramente al nivel conceptual inferior: si lo hiciera, no rebasaría el conocimiento común (Secc. 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, cfr. Seccs. 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 teóricos (cfr. Secc. 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 (cfr. Secc. 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 teóricos 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 (Secc. 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 guilaron 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 (*stress*) 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 secundos, 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 (cfr. 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 auto-contradictorio. 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

intersección $P \cap Q$ respecto de la medida de P , o sea, podemos calcular la razón $M(P \cap Q)/M(P)$. 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 P sea también miembro del conjunto 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 =_{ar} 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 *fiabilidad* puede precisarse y, al mismo tiempo, ampliarse para su aplicación a una clase abierta de objetos: herramientas, máquinas, instituciones, teorías, amigos, etc. Efectivamente: la fiabilidad 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 fiabilidad 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: $F(x) = 1 - NoF(x)$. 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, estrategas 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 P sea también miembro de la clase Q es igual a la fracción p ". Ahora piensan ya con conceptos probabilísticos, 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 (cfr. Secc. 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 nuevas 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 hueco 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 variedad, 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 para la significación de un signo de modo más o menos completo y por diversas vías: por ejemplificación, por descripción informal y parcial del designatum 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 *determina* 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 = no-conductor" es claramente una relación signo-signo. En cambio, "H es el símbolo del hidrógeno", lejos de mantenerse enteramente a 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 *referencias*. Distinguiremos dos géneros de referencias: referencias de signo-experiencia —por referencia a esta última—

y referencias 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 referencia signo-experiencia. En cambio, "Hagamos que E_n denote el n -ésimo nivel de energía del átomo" es una referencia signo-objeto físico. Como veremos, ciertas filosofías niegan la mera existencia de referencias de este último género.

Estudiaremos ahora las definiciones y luego las referencias.

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*, London, 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. Informar acerca de alguno de los siguientes trabajos que se refieren a o tratan la dilucidación de conceptos: W. WHEWELL, *Novum Organum Renovatum*, 3rd. ed., London, Parker, 1858, págs. 50 ss.; A. KAPLAN, "Definition and Specification of Meaning", *Journal of Philosophy*, XLIII, 281, 1946; R. CARNAP, "On Explication", Chap. I de las *Logical Foundations of Probability*, Chicago, The University of Chicago Press, 1950; M. BUNGE, *Intuition and Science*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1962, págs. 107 ss., y *The Myth of Simplicity*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1963, Chap. I.

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*, London, Allen and Unwin, 1959,

pág. 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, $(1 \pm 0,001)$ 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. Cfr. G. G. SPOFFORD, *The Meaning of Evolution* (1949, New Haven, Yale University Press, 1960), Chap. 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; estudiaremos una especial operación técnica que se refiere a signos: la definición es propiamente una correspondencia signo-signo (cfr. 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