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), *metaleyes* (leyes acerca de leyes), y *metarreglas* (reglas de reglas), por no hablar ya de los meros comentarios acerca de teoremas, leyes y reglas, comentarios que pertenecen a un nivel lingüístico superior a aquel al que pertenece el objeto comentado.

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

Tomemos, por ejemplo, la sentencia

Cuanto mayor es el volumen de producción, tanto mayor el coste del producto total [2.4]

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

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

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:

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

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 acelones, 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	$(x)_{x \in U}$	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 $\mathrm{E}!\, P(x)$
	INDEFINIDAS		$(\exists x)\, P(x)$
	GENERALES	PARTICULARES	$(\exists x)_n P(x)$, con $n > 1$
		UNIVERSALES: LIMITADAS	$(x)_{x \in U} P(x)$
		UNIVERSALES: 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 *per* A

Todas las anteriores son *fórmulas bien formadas*: obedecen a reglas de composición o formación más o menos explícitas. Tales reglas prohiben 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 prohibe, y con sólidas razones, tratar a las clases como si fueran individuos (por ejemplo, a las clases de cosas como si fueran cosas), y nos invita así a corregir la anterior sentencia diciendo en su lugar: 'Es capaz de hacer cosas de todas clases'.

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

PROBLEMAS

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

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

2.1.3. Tomar un texto científico e identificar en él algunas expresiones metalingüísticas, unas pocas sentencias propositivas y algunas sentencias regulativas. *Problema en lugar de ése:* 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 llamarles *términos de objeto físico*. 'Veo rojo' es entonces una sentencia fenomenista, mientras que 'Aquí encima hay una bandera roja' es una sentencia de objeto físico. Algunos filósofos, especialmente los primeros positivistas, sostuvieron *(i)* que existe un *lenguaje fenomenista* (y no sólo un vocabulario fenomenista, cosa que nadie puede negar) y *(ii)* que ese lenguaje fenomenista es o debería ser el *lenguaje básico* de la ciencia, en el sentido de que todos los términos de objeto físico, particularmente los teoréticos (como 'temperatura'), son o deberían ser construidos 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 teorético 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 propuestas, y mostrar su relevancia para el estudio de las hipótesis científicas. *Problema en lugar de ése:* 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, '$\in$' designa la relación de pertenencia a clase, y 'P' la clase de los científicos del pasado. Otra simbolización equivalente es '$P(c)$', cuya lectura es: 'c es un P', o 'c satisface la función P', o 'c es un valor argumento de la función P'.

Los términos 'fue' y 'un' de la sentencia 'Darwin fue un científico' no tienen significación propia: no designan conceptos independientes ni se refieren a ningún concreto objeto real, aunque intervienen en la descripción de hechos en el lenguaje común. *Algunos filósofos sostendrían, además, que 'científico del pasado' es una ficción sin referencia o contrapartida real, pues las clases son según ellos meros nombres aplicados a agrupaciones arbitrarias de individuos. Tal es, ciertamente, el caso de

algunos términos de clase, como, por ejemplo, 'gente agradable', pero no de todos. Algunas clases —o, por lo menos, algunas colecciones que son homogéneas en algunos respectos (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.*

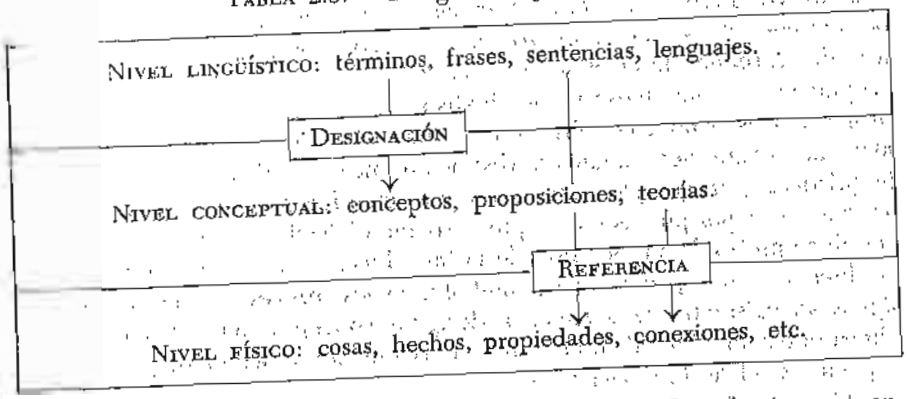
La anterior discusión supone tres niveles de entidades: el lingüístico, el conceptual y el físico; se representan esquemáticamente en la Tabla 2.4. Obsérvese que, de acuerdo con la convención adoptada en la Secc. 2.1, distinguimos entre entidades lingüísticas y entidades conceptuales por el procedimiento 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)	'ϵ' = 'pertenece a' (Término)	'*P*' = 'científico del pasado'
NIVEL CONCEPTUAL (Conceptos y proposiciones)	"Darwin fue un científico" (Proposición)	"*c*" = "Darwin" (Concepto)	"ϵ" = "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 asimétrica entre alguna entidad lingüística o conceptual y su correlato físico, si lo tiene. La unión de las dos relaciones, la de designación y la de referencia, puede llamarse *denotación*. La Tabla 2.5 resume esta discusión.

TABLA 2.5. — *Designación y referencia*



No todos los términos designan, ni refieren todos los términos y conceptos. Por ejemplo: 'ello', 'l' y '(' no designan ningún concepto: son partes de expresiones significativas, pero no tienen significación por sí mismos: se llaman *términos sincategoremáticos*. No es nada obvio esto de que no todos los términos y conceptos tengan referencia externa: según ciertas variedades de empirismo y materialismo, todas las ideas tienen correlatos no-conceptuales (empíricos o materiales). Nuestra discusión de las fórmulas analíticas en la Secc. 1.4. mostró, sin embargo, que la ciencia maneja signos y conceptos sin referencia externa, o sea, símbolos formales. Así decimos 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: '$(x)\ [P(x,c) \rightarrow \text{—}C(x,d)]$'. Los conceptos (lógico—) formales supuestos por esa fórmula son: "universalidad", designado por '(x)', "condicional", designado por '$\rightarrow$', y "negación", designado por '—'. 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 los 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, determinado o específico, mientras que "x" es un concepto individual indefinido, indeterminado o genérico (es decir, un concepto que denota un individuo cualquiera). La cuestión de qué es un individuo depende del nivel de análisis adoptado: un individuo de un determinado nivel puede ser un sistema o un mero agregado de individuos de nivel inferior. Así, por ejemplo, para algunos fines la mecánica racional se considerará como un individuo entre otras teorías individuales, y otras veces se tratará como un conjunto de fórmulas, por tanto, como un concepto de clase.

TABLA 2.6. — *Clases de conceptos*

1 CONCEPTOS INDIVIDUALES ("c", "x")

2 CONCEPTOS DE CLASES ("cobre", "viviente")

3 CONCEPTOS RELACIONALES
- No-comparativos
  - Relaciones propiamente dichas ("$\in$", "entre")
  - Operadores ("&", "+")
- Comparativos ("$\leqq$", "más adaptado que")

4 CONCEPTOS CUANTITATIVOS ("población", "longitud").

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 $\leqq$, 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, $\leqq$ es conexa en el conjunto de los números reales, mientras que $\subset$ no es conexa en el conjunto de todos los conjuntos. (*ii*) *Univocidad*: cada elemento x está relacionado con un solo objeto y; si vale también la recíproca, la relación es uno-a-uno, o biunívoca. "El doble de" es biunívoca; "el cuadrado de" es unívoca,

pero no lo es su conversa, a saber, "raíz cuadrada de", 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 "$y = ax$"*.

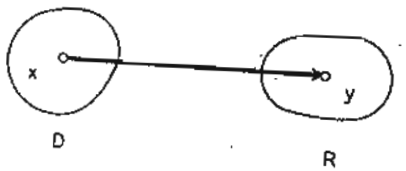


FIG. 2.1. Una función f refleja su dominio D sobre su codominio R, y puede, por tanto, escribirse: '$f : D \rightarrow R$', o '$y = f(x)$'.

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

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

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

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: $^2 = \{\langle 1,1\rangle, \langle 2,4\rangle, \langle 3,9\rangle, \ldots\}$. 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 dan 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 intensión 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 intensión de "alma" está compuesta por los rasgos de inmaterialidad, separabilidad del cuerpo, acción rectora sobre éste, etc. La clase de referencia de "alma" es el conjunto de todas las almas habidas y por haber; en cambio su extensión es, según la psicología biológica, el conjunto vacío, ya que no hay objeto real que responda a dicha descripción. Ningún concepto propiamente dicho carece de intensión y referencia, pero un concepto puede ser genuino y tener una extensión vacía. En ciencia y en tecnología, la intensión y la referencia de los conceptos se determinan por la investigación teórica (se postulan), en tanto que su extensión o dominio de validez se determina por la investigación de laboratorio o de campo.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$(x)\ [Cx \longleftrightarrow P_1x\ \&\ P_2x\ \&\ \ldots\ \&\ P_nx] \qquad [2.11]$$

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

Aunque la descripción completa de los seres individuales existentes, y hasta la de ciertas entidades construidas (señaladamente, los conjuntos infinitos) está más allá de las capacidades humanas, muchas veces es posible una determinación cuidadosa del conjunto de las *características* o propiedades peculiares (no necesariamente esenciales), por lo menos en la medida suficiente para asegurar una aplicación no ambigua del concepto. Supongamos que, partiendo de todas las propiedades que constituyen la intensión de C, se encuentra sólo un reducido número, m, de propiedades peculiares de C. O sea, supongamos que P_1, P_2, ..., 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:

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

Es claro que el núcleo intensional está incluido en la intensión total. $I_{\text{núcleo}}\ (C) \subset I(C)$, puesto que m es menor que n ($\leq \infty$), que es el número (indeterminado) de las propiedades efectivamente poseídas por el correlato de C. Así, por ejemplo, la mayoría de los zoólogos están de acuerdo en que el concepto de mamífero no tiene más que tres o cuatro notas inequívocas, todas las cuales son de carácter osteológico y se refieren al complejo maxilar-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 intensión nuclear de un concepto, constituida por sus notas inequívocas, es sin duda insuficiente para caracterizarlo completamente, pero suministra lo que podríamos llamar una *definición de trabajo* del concepto, la cual puede tener el siguiente aspecto:

$$(x)\ [Cx =_{\text{df t}} P_1x\ \&\ P_2x\ \&\ \ldots\ \&\ P_mx] \qquad [2.13]$$

Recuérdese que las m propiedades definitorias pueden ser una pequeña

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

La intensión nuclear de un concepto, explicitada en una definición de trabajo o especificada de un modo menos claro, es necesaria pero no basta para determinar el dominio de aplicación, o extensión, del concepto considerado. La extensión de un concepto es el conjunto de todos los objetos, reales o irreales, a los que puede aplicarse el concepto. La extensión de un concepto puede ser un conjunto infinito, como en el caso de "número natural"; o un conjunto finito, pero ilimitado, como en el caso de "organismo", o un conjunto finito y limitado, como en el caso "país". Incluso puede constar de un único miembro (por ejemplo, la extensión de "3" es 3), o de ninguno (por ejemplo, "vidente"). Designaremos la clase vacía (o nula, o conjunto vacío) por 'ϕ', y la clase universal por 'U'.

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

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

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

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

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

Además:

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

y

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

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 sernos 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:

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

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:

$$E(C) =_{df} \{\langle x, y\rangle \mid C(x, y)\} \qquad [2.19]$$

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

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

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, expresa en la escala Kelvin

(en su correspondiente marco sistemático), es el intervalo de temperaturas [1°, 5.000°] aproximadamente. Por tanto, decir que 'punto de fusión' denota un número o un subconjunto del conjunto de los números reales es expresarse 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:

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

siendo 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:

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

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 °K. Tenemos entonces las correspondencias siguientes, que son otros tantos casos particulares de [2.21]:

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

En este caso, el *dominio* de la función T es el conjunto de los tres pares ordenados $\langle a, \text{°K}\rangle$, $\langle b, \text{°K}\rangle$ y $\langle c, \text{°K}\rangle$, 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 $A, B, \ldots, N$, 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

$$M : A \times B \times \ldots \times N \rightarrow R_0 \qquad [2.22]$$

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,

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

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 "inconmensurables" como se sostiene a veces.

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

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

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

$$D : E \times E \times F \times S_D \to R^+, \qquad [2.25]$$

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

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

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:

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

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

$$Sig_n\ (C) =_{df} \langle I_n(C),\ R_n(C)\rangle. \qquad [2.28]$$

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 intensión y la misma referencia:

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

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

Si dos signos designan conceptos de la misma referencia, pero intensiones diferentes, o a la inversa, entonces tienen significaciones distintas. Por ejemplo, en geometría euclídea, las expresiones 'triángulo equiángulo' y 'triángulo equilátero' tienen la misma referencia e incluso la misma extensión; o sea, lo que vale para el primero vale para el segundo y viceversa. En efecto, la igualdad extensional de los conceptos en cuestión se sigue del teorema según el cual todos los triángulos equiángulos son equiláteros, y recíprocamente. 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: $A - B = A \cap B$. Calcular la suma booleana de $I(E)$ e $I(G)$, recordando que $A + B =_{df} (A - B) \cup (B - A)$, y que $I(G) - I(E) = \phi$.

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

Arithmetic [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 proposición según la cual no existe ningún triángulo rectilíneo rectángulo y equilátero afirma una propiedad del concepto 'triángulo rectilíneo rectángulo y equilátero'; pues asigna a ese concepto el número cero". *Problema en lugar de ése:* Distinguir entre la interpretación extensional y la intensional de 'especie', y hallar si el biólogo puede prescindir de una de las dos.

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

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

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

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

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

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

2.3.7. Llevar a cabo un análisis extensional de un concepto que tenga la estructura de un predicado n-ádico $P(x_1, x_2, \ldots, x_n)$. *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 sinsentido, o más bien para considerarlo como concepto sin función?

2.3.8. La fórmula de Einstein "$E = mc^2$" se considera a veces como significativa de que la "masa" y la "energía" tienen la misma extensión y prácticamente la misma intensión, simplemente porque los dos conceptos se encuentran vinculados de un modo invariable por dicho enunciado legaliforme. ¿Es correcta esa interpretación? Indicación: empezar por identificar la(s) variable(s) individual(es) y hallar una clase de sistemas con energía y sin masa. *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 cosas (por ejemplo, una población de organismos), de hechos (por ejemplo, nacimientos), de propiedades (por ejemplo, longitudes de onda), o de ideas (por ejemplo, números). El tipo de la clasificación dependerá del objetivo (gnoseológico o práctico) y de las relaciones existentes entre los miembros y subconjuntos del conjunto dado (*U*). Pero algunos principios de clasificación son de naturaleza lógica, esto es, independientes del objetivo y del tema. 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*):

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

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 teorético 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 linneana 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., *Homo*)	T_2
Especie (p. e., *H. Sapiens*)	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 $\subset$ tiene las siguientes propiedades, que vimos en la Secc. 2.2: (*i*) Es no-simétrica, o sea: si $A \subset B$, entoces $-(B \subset A)$. (*ii*) Es *reflexiva:* $A \subset A$, mientras que la relación de inclusión propiamente dicha, $\subset$, es irreflexiva: $-(A \subset A)$. (*iii*) Es *transitiva*: Si $A \subset B$ y $B \subset C$, entonces $A \subset C$. Relaciones como $\subset$, 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}, ..., T_{in}". Así, si una categoría del orden género, T_2, consta de tres especies, designaremos a éstas por T_{11}, T_{12} y T_{13}, que serán conjuntos subordinados al conjunto T_1. En general, para la categoría $(i-1)$-ésima:

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

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

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

La primera fórmula dice que la división es exhaustiva, y la segunda dice que las partes son disyuntas dos a dos, o recíprocamente excluyentes. (Hablaremos 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:

$$F_1, F_2 \subset U$$

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

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

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.

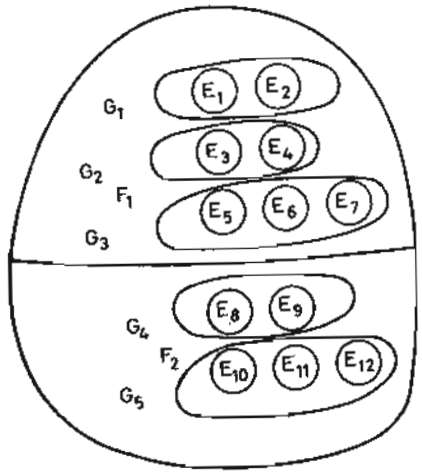


FIG. 2.2. Diagrama de Euler-Venn para el ejemplo del texto.

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 taxonómicas 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.

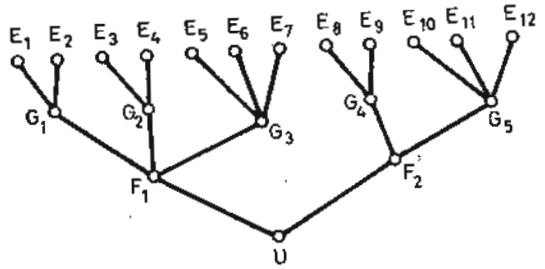


FIG. 2.3. Diagrama de Hasse para el ejemplo del texto. Léase de abajo a arriba.

(*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

coordinan de un modo preciso. Por eso es natural que los biólogos, a diferencia de los meros coleccionistas, prefieran hablar de *sistemática* que de *taxonomía*, que es mucho menos categórico y comprometedor.

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

PROBLEMAS

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

2.4.2. Formular simbólicamente las propiedades de las relaciones que producen *(i)* ordenaciones parciales y *(ii)* ordenaciones parciales estrictas. Cfr. P. Suppes, *Introduction to Logic*, Princeton, N. J., Van Nostrand, 1957, sec. 10.5. *Problema en lugar de ése:* 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 incomestibles?

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 interpretar 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 ése:* 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 desideratum 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 respectos. 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);

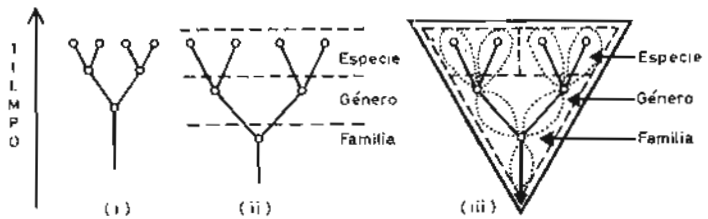


FIG. 2.4. Relaciones entre filogénesis y taxonomía. En (*i*) se representa un árbol filogenético (dendrograma) hipotético. En (*ii*) se ha llevado a cabo una división incorrecta. En (*iii*) se tiene una clasificación correcta. (Según G. G. Simpson.)

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 imposibles 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-fenoménicas.

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 teorético 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 (diafenoménicas), 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 supercanela: en la medida en que es teorética y no preteorética, la sistemática contiene resultados de la investigación empírica y resultados de la investigación teorética. Por eso ayuda a orientar a ambas.

PROBLEMAS

2.5.1. Discutir, desde los puntos de vista de la objetividad y la profundidad, la clasificación primitiva de las vitaminas. Recuérdese que las vitaminas se clasificaron inicialmente por su presencia en los alimentos, no por su estructura química. Así, por ejemplo, el complejo vitamínico *B* consta de vitaminas (tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, etc.) que no tienen nada en común salvo su presencia conjunta en ciertos alimentos. *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 ése:* ¿Por qué se encuentra en una situación de perplejidad la clasificación de los virus? Cfr. N. W. Pirie, "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.)

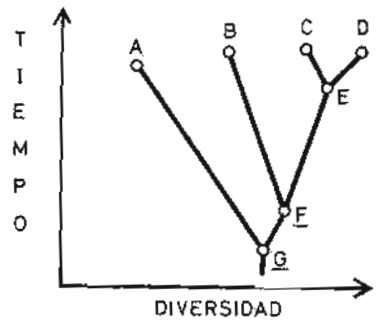


FIG. 2.5. Árbol genealógico del problema 2.5.4.

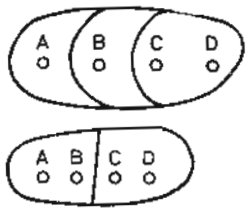


FIG. 2.6. Diagramas de Euler-Venn correspondientes a la fig. 2.5.

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 ése:* ¿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 de anterior:* Discutir detalladamente los planteamientos del científico puro (por ejemplo, el biólogo) y el científico aplicado (por ejemplo, el agrónomo) por lo que hace a la taxonomía.

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

2.5.9. ¿Son perfectibles las divisiones, ordenaciones y clasificaciones sistemáticas? Discutir por separado los casos de objetos ideales y objetos materiales, y excluir el caso obvio de la dicotomía. *Problema en lugar de ése:* Discurrir 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 enseñanza por lo que hace a la evolución de la sistemática.

2.5.10. Examinar las tesis siguientes, esbozadas en el texto: *(i)* que el *fenomenismo* ("Todos los predicados empíricos son fenoménicos o reducibles a predicados fenoménicos") y el *nominalismo* ("Todo conjunto es resultado de una agrupación arbitraria y es, por tanto, un mero nombre") tienen que presentarse juntos, y *(ii)* que el progreso de la ciencia ha ido alejándola del fenomenismo y del nominalismo, y llevándola a descubrir propiedades transobservables cada vez más profundas (denotadas por conceptos teoréticos) y géneros naturales de 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, 1956. 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 entretenerse con la televisión" contiene un concepto prescriptivo. Conceptos descriptivos se presentan, como es natural, en contextos descriptivos; los conceptos interpretativos dominan en contextos teoréticos, y los conceptos prescriptivos son frecuentes en el discurso metodológico. Pero conceptos de las tres clases pueden presentarse juntos en una misma proposición, como "Para registrar diferencias isotópicas de masa hay que utilizar un espectrómetro de masa".

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

Ahora bien: la sistematización científica puede consistir en una sistemática o una teoría. Consiguientemente, los conceptos sistemáticos pueden ser taxonómicos y/o teoréticos. Los *conceptos taxonómicos*, como los de especie, taxon mismo y jerarquía, pueden dilucidarse con la ayuda de conceptos descriptivos y de la lógica elemental. No ocurre así con los *conceptos teoréticos*, es decir, con los conceptos *introducidos o dilucidados* por una teoría, como "campo eléctrico" (introducido por la teoría 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 teoréticos factuales*

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

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

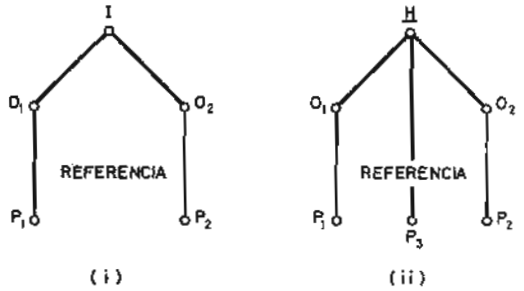


FIG. 2.7. Variables intermedias y construcciones hipotéticas. (*i*) La variable intermedia *I* media entre los conceptos observacionales O_1 y O_2 que denotan las propiedades P_1 y P_2 respectivamente, pero *I* misma no se refiere a ninguna propiedad. (*ii*) La construcción hipotética *H* media entre 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 presenten, así como a la posición filosófica adoptada. Un mismo concepto puede manejarse como construcción hipotética en determinado planteamiento, y como variable intermedia en otro planteamiento. Así, por ejemplo, "hábito", "impulso" y "estado mental" son a lo sumo variables intermedias para la psicología conductista (por ejemplo, la de C. Hull), mientras que en otros planteamientos (el de Tolman, por ejemplo) pueden ser construcciones hipotéticas referentes a propiedades reales o sistemas de propiedades del sistema nervioso. En general, la actitud externalista o fenomenista no atribuirá realidad más que a los correlatos de conceptos observacionales, y considerará a todos los conceptos no-observacionales como expedientes auxiliares —y sospechosos— que median o intervienen entre conceptos observacionales. Por otro lado, el planteamiento interno o representacional, que es el que aspira a descubrir el mecanismo de los sistemas, más que a describir sus propiedades externas, reconocerá ambos géneros de conceptos, y en vez de aceptar las variables intermedias como meros símbolos útiles, intentará explicar algunas de ellas a base de construcciones hipotéticas. Un ejemplo de este análisis más profundo es la fundamentación neurofisiológica de la psicología de la conducta y de la psique.

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

PROBLEMAS

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

BIBLIOGRAFÍA

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 Norstrand, 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. Menger, "What is Length", *Philosophy of Science*, 28, 172, 1961.

W. Hennig, *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*, Berlín, 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. Marx, ed., *Psychological Theory: Contemporary Readings*, New York, Macmillan, 1951, Chap. III.

E. Mayr, *Principles of Systematic Zoology*, New York, McGraw-Hill, 1968.

K. Menger, "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. Tonnelhim, *A Logical Analysis of the Theory of Relativity*, Stockholm, Almwvist & Viksell, 1952, sections 28, 29 y 31.

J. H. Woodger, *Biology and Language*, Cambridge University Press, 1952.