

JORGE ALFREDO ROETTI

**ACERCA DEL TERMINO
“ELEMENTO” Y
TERMINOS AFINES EN
QUIMICA**



**DEPARTAMENTO DE HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

BAHIA BLANCA

1986

IADES

3



172.88

*Acerca del término 'elemento'
y términos afines en química*

por

Jorge Alfredo Roetti*





DONADO:

Departamento de
Humanidades

VALOR A 4.20

INV. D - 172/88

SIGN. _____

540

R629

813

V

Introducción

Nuestro propósito es iniciar la elaboración de algunas definiciones de conceptos centrales de la química con el objeto de contribuir al establecimiento de una epistemología de esa ciencia. Dicha epistemología dista mucho de haberse desarrollado como otras ramas de la teoría de la ciencia: los textos sobre el tema son escasos y algunos son además bastante insatisfactorios.¹ En las teorías de la ciencia y en las enciclopedias de epistemología suelen faltar por completo los planteamientos y desarrollos de sus problemas.² Estos son de variada especie; algunos aparentemente tan simples como la definición de sus términos básicos, como lo son los términos 'sustancia química', 'especie química', 'elemento', 'compuesto', 'combinación', etc. Esta situación lleva a muchos teóricos de la ciencia a no considerar en sus obras los problemas epistemológicos de la química, en razón de que su "status epistemológico" es "actualmente demasiado poco claro..."³

En este trabajo intentaremos básicamente precisar el sentido de los siguientes tres pares de términos:

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| (1) 'elemento absoluto' | - 'sustancia elemental absoluta' |
| (2) 'especie componente' | - 'sustancia componente' |
| (o 'elemento relativo') | (o 'sustancia elemental relativa') |
| (3) 'especie compuesta' | - 'sustancia compuesta' |

El término 'elemento' se considera en lo que sigue como una abreviatura del término 'especie (química) elemental'. Del mismo modo las sustancias de las que hablaremos serán siempre sustancias *químicas*, y por lo tanto corpóreas. Las especies también serán especies químicas, aunque por cierto *no-corpóreas*.

El cumplimiento de nuestra tarea se desarrollará en tres partes. La primera consistirá en exponer sumariamente el instrumental lógico que se

usará, que consta de tres secciones. La primera consiste de algunos fragmentos de lógica de primer orden. La segunda contiene algunos rudimentos de teoría modal, teórica y práctica. La tercera da una caracterización de los enunciados científicos según sus criterios de contrastación.

La segunda parte consistirá en un rastreo histórico de estos términos mencionados por algunos filósofos y científicos importantes. No nos mueve a ello ningún propósito de originalidad o exhaustividad: el tema ha sido tratado en detalle y rigurosamente por grandes eruditos e historiadores de la ciencia. Sin embargo creemos que es oportuno exponer aunque más no sea brevemente dicho desarrollo histórico, tanto por su interés intrínseco, cuanto por que nos otorga la oportunidad de considerarlo desde el punto de vista de los criterios analíticos que utilizaremos en este trabajo. Cuando los textos aportados sean ambiguos - especialmente en sus aspectos modales o disposicionales - admitiremos todas las interpretaciones compatibles con el término en cuestión.⁴

5

6

La tercera parte será la parte sistemática, en la cual se utilizarán los instrumentos teóricos presentados en la primera parte y los resultados obtenidos durante el análisis de la exposición histórica.

Para completar esta introducción debemos hacer algunas precisiones: (1) Hemos tratado de minimizar y evitar en lo posible la notación "simbólica", aunque con poco éxito. En la mayoría de los casos el recurso a un lenguaje lógico artificial es inevitable, pero se trata en general sólo del lenguaje suficiente como para expresar la lógica de primer orden. Cuando no sea ése el caso, definiremos explícitamente los nuevos signos introducidos.

Para aligerar la lectura hemos puesto en tipo más pequeño aquellos desarrollos simbólicos cuya consideración no sea imprescindible para la comprensión del texto.

Esta obra no es "*self-contained*". Supone mínimos conocimientos de la llamada lógica elemental y al menos una idea superficial de lo que son las descripciones individuales, las abstracciones lógicas, etc. Pero todos esos recursos metódicos no son solamente corrientes en la teoría de la

ciencia, sino también en el tratamiento contemporáneo de casi toda actividad científica.

(2) Por tratarse de un intento de afinamiento de las definiciones de algunos términos usuales en las ciencias físico-químicas actuales, pudiera creerse que intentamos alguna contribución a dichas ciencias. No es ése el caso. Tales ciencias no requieren tal contribución. En general ellas no se preocupan por la definición precisa de los términos que nos ocupan⁵, sino que, para comenzar, se contentan (siguiendo un criterio adecuado a la naturaleza de su tarea) con las vagas nociones del lenguaje culto habitual y, posteriormente, con el uso controlado satisfactoriamente en el ámbito de su disciplina a que los conduce el aprendizaje teórico-práctico de su ciencia. Este procedimiento, que denominaremos 'empragmático'⁶, es adecuado para las ciencias mencionadas, pero no lo es para el teórico de las ciencias (ni para el filósofo de la naturaleza). Definir adecuadamente los términos básicos de las ciencias naturales y determinar qué tipos de enunciados se pueden justificar a partir de esas definiciones - y por qué razón - es una tarea ineludible de esos otros contextos teóricos.

(3) Algo que no debe esperarse aquí es lograr una definición de cada uno de los términos considerados. En efecto, pronto nos veremos obligados a admitir no una, sino *varias* definiciones para cada término, aunque siempre con referencia a un contexto teórico, o teórico-práctico, determinado. Estudiaremos entonces también las relaciones entre las distintas definiciones de los términos dadas en distintos contextos. Ello, lejos de conducir a perplejidades, contribuirá a evitar algunas discusiones estériles.

(4) Una de las características del tratamiento simbólico del tema, que haremos, será la de partir de términos que refieren a ciertas entidades corpóreas concretas - las 'substancias químicas', en nuestro vocabulario - y obtener, mediante operadores lógicos de abstracción, los términos abstractos correspondientes, que serán las 'especies químicas'. Como signo de abstracción utilizaremos el operador " λ " de CHURCH.

El procedimiento esbozado no debe considerarse ni como una posición 'cosmológicamente realista', ni como una 'cosmológicamente idealista' con respecto al problema de los elementos y las substancias elementales., sino como una posición *cosmológicamente neutral*. Dicha neutralidad constituye

el aspecto negativo de la tarea. Su aspecto positivo consistirá en la proposición de *un sistema de definiciones teóricas y teórico-prácticas, en íntima conexión con los criterios de contrastación de los enunciados científicos del caso.*

Es también importante no confundir estos procedimientos de abstracción lógica con la abstracción psicológica, que aquí no interesa. La técnica de abstracción lógica - y su converso, la predicación - es un arbitrio notacional para pasar de ciertas entidades lógicas a otras nuevas entidades lógicas. No supone entonces ningún "compromiso metafísico", ni realista, ni idealista.

(5) En el texto se utilizaron algunos ejemplos sencillos y clásicos de la química. Algunos de ellos nos fueron propuestos por el Prof. Dr. Juan E. BOLZAN, quien también nos ha aconsejado en varias cuestiones atinentes a la química y ha posibilitado así que corrigiéramos algunos defectos. El mismo nos asesoró en relación a buena parte de la bibliografía disponible sobre historia y epistemología de la ciencia química y puso a nuestra disposición numerosas publicaciones de difícil acceso. Por todo ello queremos dejar aquí constancia de nuestra gratitud hacia él. Esta publicación ve la luz merced a la buena acogida que le dispensaron los Profesores de la UNS Dres. Ernesto Battistella y Dinko Cvitanovic. A ellos y a la Universidad del Sur queremos agradecer expresamente.

Bahía Blanca, febrero de 1985

J.A.R.
Conicet-Cilf-UNS

Notas de la introducción:

1. Cf. en la bibliografía de las obras de CALDIN, PRELAT y PRIMAS allí citadas.
2. Cf en nuestra bibliografía la obra editada por PIAGET.
3. Cf. LORENZEN (2), p.243: "...sondern in der Chemie, deren wissenschaftstheoretischer Status (soweit er von der Physik verschieden ist) z.Z. zu ungeklärt ist, um hier behandelt werden zu können."
4. El esquema histórico ha sido definido de la manera establecida gracias a la colaboración y el consejo del Prof. Dr. Juan E. BOLZAN. Las consideraciones personales a que da lugar dicho esquema son exclusiva responsabilidad del autor. Además de las historias de la química e historias de la ciencia pueden encontrarse referencias a dicho esquema en BOLZAN (1), (2) y (3): ver bibliografía.
5. Por ejemplo, en GARRETT (v.bibl.), p. 5, se "define" así a la sustancia química: "El término sustancia se usa para toda forma de materia." La definición es inaceptable, tanto desde un punto de vista lógico, pues es excesivamente amplia, no propone un género próximo, ni una diferencia específica, la vaguedad es muy grande, etc., como desde el punto de vista epistemológico. En verdad es un *buen ejemplo de lo que no debe ser la definición de un término.*

Sin embargo, una definición tal no acarrea problemas al químico, pues éste se ha acostumbrado, a través de un largo aprendizaje profesional, al uso adecuado del término en cuestión. La mala definición no le crea problemas, pues permanece ignorada en aquella parte inicial de los libros de química, llena de generalidades a las que no se presta atención. La atención y el rigor teórico del químico se concentran en otros temas, que sí son relevantes para el desarrollo del conocimiento teórico y práctico de su ciencia.

6. Para el término 'empragmático' (empragmatisch) cf. LORENZEN (2), especialmente pp. 22 y 29: "Zur empragmatischen Rede sollen solche Sprachhandlungen gehören, die mit einer nichtsprachlichen Handlung gelernt werden, und zwar derart, dass die nichtsprachliche Handlung als Zweck der Sprachhandlung gelernt wird." (p.22) (Pertenece al discurso empragmático las acciones lingüísticas tales que se aprenden junto con una acción no-lingüística, y por cierto de modo que se aprende la acción no-lingüística como fin de la acción lingüística.)

Capítulo primero

Instrumental teórico

La lógica subyacente a este trabajo es un fragmento de lógica de primer orden cuyas fórmulas son todas decidibles, como se podría advertir de considerar sus correspondientes formas normales prenexas.¹ A ello se agregan algunos rudimentos de lógica intensional y modal (véase más adelante, párrafo 3.3.), y algunas expresiones de segundo orden.

A continuación expondremos brevemente tres instrumentos teóricos que nos serán de utilidad, a saber: (1.1.) algunos temas de la lógica subyacente, más precisamente, atribución, abstracción, propiedades y especies, (1.2.) una clasificación de los enunciados según sus criterios de contrastación y (1.3.) rudimentos de una teoría acerca de modalidades teóricas y prácticas.

1.1. Quién desee una teoría completa de estos temas, tiene a su disposición una abundante bibliografía. En este trabajo se ha seguido generalmente una obra de Nicholas-RESCHER.² Los conceptos y desarrollos aquí utilizados tienen su origen en los dos primeros capítulos del libro citado en la nota anterior.

Es claro que la determinación de las *propiedades* (y de las *relaciones*, es decir, de las propiedades n -ádicas, con n entero positivo mayor o igual a 2) no es mero asunto de "inspección", sino de elaboración teórica. Por ejemplo, depende al menos parcialmente de los progresos que la teoría ejerce sobre los métodos de "inspección".

Una distinción que intentamos establecer aquí es la que corresponde a la siguiente pregunta: ¿Admitiremos que la posesión o carencia de una propiedad (monádica o n -ádica con n mayor o igual a 2) por un individuo se

conciba como una cuestión meramente *ficticia*, o bien la consideraremos desde el punto de vista de su *esencialidad* o *accidentalidad*?. En principio caben ambos tipos de descripciones, pero mientras la primera se presenta pretendiendo ser independiente de toda teoría, la segunda sólo puede predicar la esencialidad o la accidentalidad de una determinada propiedad *respecto de una determinada teoría*. Además la "descripción desde una teoría" muchas veces describe propiedades que pasan desapercibidas al observador "preteórico". En lo que sigue, cuando hablemos de 'propiedades esenciales', 'propiedades accidentales', 'conjunto de propiedades esenciales', etc., supondremos que dichas aserciones se fundan en una teoría determinada.

Supongamos que disponemos de un conjunto o dominio de individuos

$$(I) \quad d = \{x_1, \dots, x_n, \dots\}.$$

En general dichos conjuntos no serán constructivos ni tampoco finitos agotables, sino *indefinitos*, con lo que queremos decir que, en principio y desde la teoría que manejamos *no podemos determinar si son conjuntos finitos o infinitos*, y que, en caso de ser finitos, son *al menos inagotables* para la comunidad teórica que se ocupe de ellos.

Supongamos además que disponemos de un conjunto de predicadores elementales para estos individuos

$$(II) \quad p = \{f_1, \dots, f_m, \dots\}.$$

Por simplicidad consideraremos aquí sólo predicadores monádicos, aunque no habría dificultades en considerar expresiones con predicadores *n*-ádicos con *n* mayor o igual a 2.

Con esta notación elemental y los yuntores y operadores modales básicos podemos decir un predicador de un individuo de varias maneras:

- i $f_i x_j$: f_i se afirma (realmente) de x_j ;
- ii $\neg f_i x_j$: f_i se niega (realmente) de x_j ;
- iii $Lf_i x_j$: f_i se afirma *necesariamente (esencialmente)* de x_j ;
- iv $L\neg f_i x_j$: f_i se niega *necesariamente (esencialmente)* de x_j ;
- v $Mf_i x_j$: f_i se afirma *posiblemente* de x_j ;

- vi $M-f_i x_j$: f_i se niega *posiblemente* de x_j ;
- vii $Mf_i x_j \& M-f_i x_j$: f_i se dice *contingente* (en sentido bilateral) de x_j .
Una propiedad o relación contingente es ciertamente *accidental*;
- viii $f_i x_j \& M-f_i x_j$: f_i se dice *accidentalmente* de x_j ;
- ix $-f_i x_j \& Mf_i x_j$: f_i se niega *accidentalmente* de x_j .

Las equivalencias modales entre los operadores modales básicos serán las aceptadas en los cálculos modales clásicos. Por lo tanto se considerarán equivalentes, entre otras, las expresiones de las siguientes formas: $L-a \leftrightarrow -Ma$, $-La \leftrightarrow M-a$, $Ma \leftrightarrow -L-a$, $La \leftrightarrow -M-a$, etc. Así resulta trivial reducir todas las modalidades complejas o iteradas a un solo operador modal primitivo, mediante iteraciones y el adecuado empleo de negaciones. También será indiferente en tal caso cuál de los operadores simples se escoja como primitivo. Así habrá sistemas cuyo operador modal primitivo sea la necesidad L , y otros en los cuales el operador primitivo sea la posibilidad M , introduciendo sus operadores duales mediante las definiciones tradicionales $Ma \Leftrightarrow -L-a$ y $La \Leftrightarrow -M-a$ respectivamente.

Introduciremos ahora el operador de abstracción ' λ ', con el que, bajo ciertas condiciones, podremos pasar de las formas de enunciado con un predicador monádico a las *propiedades*, que serán los nuevos términos *abstractos*:

- D1 $f \Leftrightarrow_d \lambda x. fx$ (propiedad f),
- $\bar{f} \Leftrightarrow_d \lambda x. -fx$ (propiedad complemento de f).

En general, para un predicador relacional n -ádico obtenemos su abstracción "relación n -ádica" de la siguiente manera:

- D2 $f^n \Leftrightarrow_d \lambda x_1, \dots, x_n. f^n x_1, \dots, x_n$,
- $\bar{f}^n \Leftrightarrow_d \lambda x_1, \dots, x_n. -f^n x_1, \dots, x_n$.

Por motivos de brevedad y de ceñimiento al tema central de estudio no queremos incursionar en la compleja teoría de las propiedades disposicionales y nómicas (que, como esperamos mostrarlo en otro trabajo, tienen gran

importancia en la construcción de una teoría de la química), ni tampoco queremos abundar en los problemas relativos a los distintos tipos de propiedades relacionales, sean relativas a un individuo, sean generales, sean reductibles a propiedades no-relacionales, sean irreductibles a ellas, sean propiedades externas o internas, etc. Quién se interese por el tema puede recurrir a la obra de RESCHER mencionada más arriba. Lo único de lo que no podremos prescindir aquí es de la distinción entre propiedades (monádicas o relacionales) esenciales y accidentales.

Recordando la D1 estamos en condiciones de introducir, a partir de los predicadores monádicos f_1, \dots, f_m de un cierto individuo x , un conjunto constructivamente indefinido de las propiedades P de x :

$$D3 \quad P(x) = \{f_i; f_i x\} \quad (\text{con } i \text{ menor o igual a } m).$$

A este "conjunto" indefinido en sentido estricto (por la imposibilidad de agotar constructivamente la descripción de las propiedades de un individuo real) lo designaremos como '*conjunto de las propiedades reales de un individuo x* '. No obstante esa "indefinición" este conjunto $P(x)$ se revela como una ficción útil. El conocimiento exhaustivo de tal conjunto cae normalmente más allá de las aptitudes descriptas de lo real que posee nuestro entendimiento finito. Sólo un conocimiento divino sería capaz de agotar las determinaciones de los entes. Sin embargo consideraremos satisfactoria una caracterización de $P(x)$ cuando a él pertenezcan las propiedades - o un "fragmento inicial" descriptivo de x - que sean suficientes para dar una caracterización unívoca del individuo x . Es decir, exigimos que $P(x)$ contenga las propiedades f_i suficientes como para producir una descripción individual adecuada del individuo x . Por cierto se admitirá en este caso que $P(x)$ contenga "*egocentric particulars*" referencialmente estabilizados respecto de la comunidad teórica. Con lo señalado será claro que una identificación descriptiva puede ser satisfactoria y, sin embargo, descriptivamente incompleta, como también que numerosas identificaciones descriptivas de un mismo individuo x son admisibles.

En este contexto no distinguiremos entre "individualización" e "identificación", distinción que adquiere sentido cuando introducimos el tema de los 'mundos posibles', tema cuya consideración no es aquí requerida.³

Limitándonos a tales conjuntos $P(x)$ cuyas propiedades son suficientes para identificar a un individuo x , podemos introducir el siguiente "principio":

Principio de existencia de $P(x)$

Para todo individuo $x \in d$ existe al menos un conjunto $P(x)$ de propiedades reales de x que es suficiente para identificar descriptivamente a x (principio obviamente no constructivo).

A continuación definimos un nuevo conjunto P de propiedades, a saber, el conjunto de las propiedades esenciales de un individuo x :

$$D4 \quad E(x) = \{f_i : Lf_i x\} \quad (\text{con } i \text{ menor o igual a } i),$$

es decir, el conjunto de todas las f_i tales que $Lf_i x$ (tales que x es necesariamente f_i). Esta definición, como la anterior, no proporciona criterios para la construcción de $E(x)$, sino que sólo nos da un criterio de reconocimiento del conjunto de las propiedades esenciales.

Como en el caso anterior podemos postular el siguiente principio:

Principio de existencia de $E(x)$

Para todo individuo $x \in d$ existe un conjunto $E(x)$ de propiedades esenciales de x .

Finalmente introduciremos el conjunto de las propiedades posibles de un individuo x :

$$D5 \quad Q(x) = \{f_i : Mf_i x\} \quad (\text{con } i \text{ menor o igual a } i).$$

es decir, el conjunto de todas las f_i tales que $Mf_i x$. Como las anteriores, esta definición sólo proporciona un criterio de reconocimiento de lo que se considera el conjunto de las propiedades posibles de un individuo . El correspondiente principio de existencia rezaría así:

Principio de existencia de Q(x)

Para todo individuo x existe un conjunto $Q(x)$ de las propiedades posibles de x .

Dos precisiones exigen estos 'principios' que hemos postulado. En primer lugar el término 'existencia' en estos contextos sólo significa '*existencia teórica*'. En segundo lugar los principios señalados son *principios heurísticos*, es decir, ponen la *finalidad* o la *meta* teórica de cierta investigación: se postula la existencia teórica de $E(x)$, $P(x)$ y $Q(x)$ a fin de buscar describirlos, sin tener de antemano la certeza de alcanzar la meta.

Tampoco será nunca suficiente repetir que, aunque en la discusión anterior tales entidades postuladas aparecen libres de referencias a teorías previas, ese no será el caso normal: son las teorías las que habitualmente nos proporcionan los criterios para determinar especialmente a $E(x)$ y a $Q(x)$.

De todos modos, las relaciones entre estos conjuntos heurísticamente postulados son importantes y, algunas de ellas, se dejan derivar de sus definiciones y de la teoría elemental de conjuntos. La siguiente *tesis* acerca de las relaciones de inclusión entre los tres conjuntos mencionados se obtiene de la manera señalada:

$$T1 \quad E(x) \subseteq P(x) \subseteq Q(x)$$

(En adelante la letra 'T' indicará el carácter de tesis de la expresión que le sigue, independientemente del tipo de tesis de que se trate, como así también independientemente de si se trata de una *regla*, de un *axioma*, o de un *teorema*, en tanto no se diga algo en contrario.)

La doble inclusión en T1 no excluye en principio la posible igualdad de estos tres conjuntos. El rechazo de esta última supone proponer una tesis posible complementaria de la anterior:

$$T2 \quad E(x) \neq P(x) \neq Q(x) \neq E(x).$$

De T1 y T2 se sigue trivialmente la invalidez de las inclusiones conversas de las dadas en T1.

La tesis extrema, que afirma la doble igualdad

$$E(x) = P(x) = Q(x)$$

no dice nada menos que "todo lo posible es real y que todo lo real es necesario y, en consecuencia, que todo lo posible es necesario". Es por lo tanto una tesis determinista, podríamos decir determinista absoluta, que RESCHER denomina 'tesis hegeliana'.

La otra tesis extrema que podemos imaginar es la que postula, ya metafísicamente, ya epistemológicamente, como *vacío* al conjunto $E(x)$:

$$\text{Para todo individuo } x \in d, E(x) = \emptyset,$$

lo que equivale a decir que *nada es necesario*. O más precisamente: *ontológicamente* equivale a decir que no existe ninguna propiedad esencial para ningún individuo x ; *epistemológicamente* expresa que ninguna propiedad esencial de un individuo x es cognoscible. Tales tesis, en sentido metafísico o gnoseológico, están presentes, sea tácitamente, sea explícitamente, en muchos filósofos de nuestro tiempo, especialmente en aquellos que de alguna manera están influídos por un antiesencialismo empirista. Incluso la obra de un POPPER, tan lúcido en tantos aspectos, padece de la dificultad en su forma epistemológica, pues no considera cognoscible ningún aspecto esencial de alguna región de la experiencia. En cambio otros autores influídos por el empirismo y el terminismo del "linguistic turn", como por ejemplo Paul LORENZEN, admiten y fundamentan un modo de conocimiento esencial de algunos fragmentos de lo empírico, como veremos en la sección siguiente.

Dicha *tesis intermedia* es compartida por RESCHER y es también la que aquí adoptamos.⁴ La podemos simbolizar de la siguiente manera:

T3

$$\forall x \forall f_i \forall f_j . Lf_i x \& \neg Lf_j x.$$

(El signo ' \exists ' representa la cuantificación existencial, en tanto que el signo ' \forall ' representa la cuantificación universal. Véase al final la tabla de símbolos y abreviaturas).

A diferencia de las tesis extremas mencionadas anteriormente esta tesis T3 no es tan fuerte: sólo nos dice que, por lo menos para un x , existe al menos una propiedad n -ádica (con n mayor o igual a 1) que es esencial para x , y que existe al menos otra propiedad n -ádica (con n mayor o igual a 1) que no es esencial para x .

Aunque la fundamentación de esta tesis excede en mucho el propósito y la extensión de este trabajo, propondremos un esbozo de ella en la sección siguiente. Valga aquí señalar que dicha tesis no sólo es la menos fuerte, sino también la más conforme con la práctica del conocimiento científico. Para algunas entidades o individuos, o estados de cosas del cosmos será posible determinar algunas propiedades que les son esenciales, y que otras les son inesenciales. Si ello se pudiera demostrar en sentido epistemológico, al menos del modo en que esbozaremos en seguida, de ello se seguiría la razonabilidad hipotética de la forma ontológica de la tesis.

Como adelantáramos someramente algo más arriba, la distinción entre propiedades o relaciones esenciales reales y posibles no se funda de ninguna manera en un inventario observacional de las propiedades de los individuos. Aunque tal inventario pudiera realizarse sin intermediación de una teoría, aún sin ser exhaustivo, no nos daría un criterio para distinguir las propiedades esenciales especialmente. Pero tampoco sería fácil determinar aquellas posibles y actualmente no reales. En el caso de una descripción tal las propiedades esenciales y posibles sólo se nos presentan en tanto que reales. Para que algunas de esas propiedades o relaciones reales se nos manifiesten como esenciales o posibles se requiere algún presupuesto teórico mínimo, como por ejemplo una definición de la entidad o sistema considerados. Por ejemplo, el uso de operaciones intelectuales tales como la "variación imaginativa" de la fenomenología, o los Gedankenexperimente tan caros a la tradición relativista se realizan sobre una noción previa del objeto en cuestión.

Tampoco la perduración en el tiempo a través de los cambios es un criterio suficiente para fundar el carácter esencial de una propiedad (a pesar de los muchos y muy antiguos intentos - desde Aristóteles y los estoicos al menos - de reducir las modalidades a determinaciones temporales), sino que, a la inversa, el ser esencial de una propiedad para un individuo es el fundamento explicativo de la perduración de la propiedad en cuestión mientras dure el individuo.

¿Dónde se fundamentará entonces nuestro criterio de esencialidad y de posibilidad de una propiedad como distinta de su mera realidad? Renunciamos aquí a una consideración metafísica y nos limitamos a un tratamiento epistemológico.

El criterio epistemológico para que una propiedad de un individuo x , sea esencial a él depende de la disposición previa de un *fragmento inicial de teoría* t , a partir del cual se deduzca que x debe tener la propiedad f que realmente posee. En símbolos:

$$D6 \quad L_t f x \Leftrightarrow_d t \vdash f x.$$

El criterio epistemológico para predicar la posibilidad de una propiedad respecto de un individuo x es que a partir de t no se deduzca que x deba poseer la negación de la propiedad del caso. En símbolos:

$$D7 \quad M_t f x \Leftrightarrow_d \neg(t \vdash \neg f x).$$

Desde una perspectiva epistemológica, por lo tanto, la distinción entre propiedades y relaciones esenciales, reales y posibles se funda en una teoría t que privilegia a determinadas propiedades y relaciones de un individuo como esenciales, y agrega a las propiedades y relaciones reales (que en la teoría deben ser ya al menos posibles, para que la misma teoría sea sostenible en un diálogo crítico) otras no-reales para x bajo la modalidad de lo posible.

Si una teoría t proporciona un fragmento de saber 'eidético', entonces nos proporcionará un fragmento de saber 'apodíctico'. Tal tipo de saber 'esencial' o 'eidético' se nos hace accesible en vastas regiones de las

llamadas ciencias formales y, como veremos más adelante, al menos en algunos fragmentos de las ciencias de hechos, de un modo que podríamos considerar como "saber eidético perspectivo".

Si, en cambio, el fragmento de teoría que consideramos es contingente, hipotético, sometido a la contrastación empírica de la que puede surgir su falsación, entonces el carácter esencial o posible de una propiedad o una relación respecto de un individuo no admite ser interpretado como saber eidético, sino sólo como uno de carácter hipotético relativo a la teoría t en cuestión.

Las especies y los géneros son, desde el punto de vista lógico, abstractos del tipo $E(x)$, cuyo contenido (cuya intensión) depende, como diremos más adelante, o bien de un saber teórico puro, o bien de un saber teórico-práctico. En cada caso un saber, o una técnica teóricamente fundada, permitirá deducir las especies y los géneros de clasificación coherentes con la teoría del caso.

De allí es fácil concluir que, si se modifica el saber, es posible que se modifiquen los conjuntos de propiedades y relaciones consideradas esenciales y de las propiedades y relaciones consideradas posibles. Además, como el saber del caso condiciona nuestro "ver" la realidad, es posible que el cambio en el saber modifique la descripción de las propiedades y relaciones reales y, por consiguiente, el conjunto $P(\omega)$. Consecuencia de todo ello es que la modificación del saber habitualmente acarreará la modificación del sistema de clasificación en especies y géneros de individuos, como también puede modificar el conjunto de individuos relevantes para la teoría.

Así, por ejemplo, el neutrón es un individuo relevante para la física atómica (aún hoy), pero no lo es para la biología celular, donde son entidades relevantes la membrana celular, los cromosomas y genes, las mitocondrias, los ácidos nucleicos y sus componentes, etc. En verdad las partículas subatómicas, e inclusive las partículas atómicas y las moleculares no son individuos relevantes en vastas regiones de la física. Pensemos solamente en la mecánica racional clásica y en la mecánica relativista, que son teorías acerca de entidades físicas continuas, aunque por cierto muchas de sus magni-

tudes son reducibles a centros puntuales (como por ejemplo los centros de gravedad, centro de masa, centro de inercia, etc.).

De acuerdo con lo anterior haremos corresponder a las entidades corpóreas los valores de las variables x , y , z , etc. Puesto que nuestro tema se refiere a entidades corpóreas sólo admitiremos que nuestras variables tengan como dominios de variación a constantes que mienten tales entidades. También tendremos siempre presente que el carácter de "substancias *primeras*" (es decir, *reales*) de dichas entidades corpóreas dependerá de un determinado "saber" (teórico puro o teórico-práctico). Utilizamos aquí el término 'saber' en sentido neutral, que luego se especificará según el caso en saber teórico y saber teórico-práctico, y en este último distinguiremos dos variedades. No se nos escapa que en las ciencias fácticas es una ficción hablar de una "teoría pura", pues todas ellas - aún las más teóricas - contienen en sí recursos experimentales que ellas mismas posibilitan.

A las especies y a los géneros, según hemos visto, llegamos por abstracción, siendo ésta una *operación lógica* (no psíquica) que nos permite introducir nuevas entidades. Los "elementos" que encontramos en diversas áreas teóricas, y por lo tanto también también los *elementos químicos*, serán caracterizados como abstractos del tipo esencial $E(x)$ relativos a sus respectivas áreas teóricas. Este será también el caso de tres conceptos típicos de una teoría química crítica, a saber: 'elemento absoluto', 'especie componente' (o 'elemento relativo') y 'especie compuesta'.

1.2. *Clasificación de los enunciados según sus criterios de contrastación.*

En esta sección seguiremos, en sus líneas generales, una versión afinada, matizada, de la clasificación kantiana de los enunciados según sus criterios de contrastación, debida a Paul LORENZEN.⁵ Según este autor hay tres tipos de verdades formales, que describiremos sólo muy brevemente.

i. *verdades lógicas*, es decir, enunciados lógicamente verdaderos cuya verificación sólo depende de las reglas del diálogo lógico (las que tienen varias versiones, cuya última adecuación en los sistemas de reglas más detallados se guía por un criterio de adecuación a regiones objetuales determinadas,

pero cuya forma genérica es independiente de toda legalidad objetual extrínseca a la efectuación del diálogo lógico).

ii. *verdades formal-analíticas*, o sea enunciados cuya verificación depende, además de los sistemas de reglas lógicas mencionadas en el caso anterior, de *definiciones*.

Un caso tal es el del teorema aritmético

$$z \in P \ \& \ x \neq 1 \ \& \ y \neq 1 \rightarrow xy \neq z,$$

donde 'P' designa la clase de los números primos. Dicho teorema se deduce aplicando reglas lógicas a la equivalencia derivada de la definición de número primo:

$$z \in P \Leftrightarrow_d \ z \neq 1 \ \& \ \nexists x \nexists y. xy = z \rightarrow x = 1 \vee y = 1.$$

iii. *verdades formal-sintéticas*, es decir, enunciados verdaderos formal-sintéticos, que son aquellos para cuya verificación se requiere, además de reglas lógicas y definiciones, al menos una *regla de construcción de entidades simbólicas*.

Las construcciones matemáticas en sus dos formas básicas (la definición recursiva y la "inducción matemática" o recurrencia finita) ejemplifican este tipo de enunciados formal-sintéticos, que corresponden a una subclase de los llamados por KANT "juicios sintéticos a priori".

LORENZEN distingue además tres tipos de enunciados verdaderos materiales:

iv. *verdades empíricas*: son los enunciados verdaderos correspondientes a los clásicos "juicios sintéticos a posteriori" de KANT. Su verificación depende de la "materia" de la experiencia, no de su "forma". La verificación es posible sólo en el caso de los *enunciados elementales* que se refieren a un estado de cosas (objeto o acontecimiento) o a una situación (configuración de objetos y/o acontecimientos) *observable*, o bien en el caso de los enunciados existenciales puros sin referencia a regiones espacio-temporales que estén dentro del ámbito de contrastación empírica posible para la comunidad teórica del caso. Estos últimos enunciados, si bien son verificables en

el sentido de POPPER, se suelen eliminar del ámbito del conocimiento científico por su no-falsabilidad, lo que los diferencia tanto de los enunciados elementales, cuanto de los universales.

Los enunciados empíricos universales no son verificables, pero son falsables. Por ello pueden pertenecer al conocimiento científico. Su no-verificabilidad nos impide empero hablar de "verdades empíricas". En su caso deberíamos hablar de *enunciados empíricos corroborados*, con lo que se reconoce que los conocimientos científicos consistirán no solamente en "verdades" - de enunciados verificados -, sino también de enunciados contrastados y corroborados, que son los que, por su forma universal, configuran el núcleo de toda teoría científica.⁷

Los dos tipos restantes de enunciados verdaderos de la clasificación de LORENZEN son los que interesan especialmente en este trabajo.

v. *verdades material-analíticas*: son enunciados verdaderos cuya verificación se funda, además de los fundamentos dados en los párrafos i y ii, *al menos es una norma que regula el uso relativo en el diálogo teórico de diferentes predicadores empíricos* (empíricos en el sentido de que designan 'estados de cosas' extralingüísticos bien determinados). Frecuentemente empleamos diferentes *predicadores propios* (*Eigenpradikatoeren*) para referirnos a entidades subsumidas bajo un mismo tipo de estados de cosas. Alguien dice, por ejemplo, ' x es f_j ', otro responde 'no, x es f_i ', etc. Lo que asemeja un conflicto insalvable suele no serlo: puede tratarse simplemente de que el primero y el segundo, en razón de sus diferentes experiencias, actividades y entorno social y lingüístico, emplean diversos predicadores para referirse al mismo tipo de objetos, o bien cuando sus tipos de objetos se encuentran en alguna relación (extensional o intensional), como la de inclusión, etc. Consideremos el siguiente ejemplo: a dice ' x es un animal', b responde 'no, eso es un insecto', pero a replica 'ninguno de los dos tiene razón, x es un escarabajo'.⁸

Para evitar estas querellas infundadas, que sólo surgen porque se desconoce el uso de distintos predicadores en diferentes 'mundos de la vida' (*Lebenswelten*), se norma la aserción relativa de predicadores diferentes respec-

to de un mismo tipo de estado de cosas, de manera de hacer compatible su uso comunitario.

La vigencia de dichas normas es un fenómeno tanto de los lenguajes naturales, cuanto de los lenguajes científicos, con mayor precisión y sobre todo con mayor consciencia del aspecto normativo de estos últimos. Los conjuntos de tales normas forman auténticos *sistemas predicadores*, en los que éstos se encuentran en relaciones precisas, siendo las más simples (en su versión extensional) las de disyunción, solapamiento, inclusión e identidad. Un sistema parcial clásico de predicadores, en el cual las relaciones de disyunción dos a dos y de inclusión son las fundamentales, lo constituye el famoso "árbol de Porfirio".

Las normas consideradas tienen la forma de una prohibición. Por ejemplo, una norma que garantice la inclusión de la extensión de un predicador en la extensión de otro tendría la siguiente forma:

"A quien asevere que ' x es f_i ', no le está permitido atacar la aseveración de que ' x es f_j '."

Dicha forma de norma permite verificar enunciados universales afirmativos:

$$\forall x \cdot f_i x \rightarrow f_j x.$$

Supongamos que introducimos las siguientes normas:

"A quien asevere que ' x es un escarabajo' le está prohibido atacar la aseveración ' x es un insecto'."

"A quien asevere que ' x es un insecto' le está prohibido atacar la aseveración ' x es un animal'."

Gracias a estas normas que hemos acordado, que regulan el uso relativo de tres predicadores, podremos verificar los siguientes enunciados:

"Todo escarabajo es un insecto".

"Todo insecto es un animal". Y por inferencia silogística (Barbara):

"Todo escarabajo es un animal".

No todos los silogismos sólidos (válidos con premisas verdaderas) tienen

premisas de este tipo. No obstante muchas deducciones silogísticas fundan la verdad de sus conclusiones en premisas verdaderas en razón de una norma material-analítica acordada entre los usuarios de los predicadores.

Los enunciados verdaderos material-analíticos son '*materiales*' porque sus predicadores se refieren a propiedades empíricas del mundo real, pero *no son empíricos* en el sentido de poder ser corroborados o falsados por enunciados elementales, en el caso de la falsación del tipo ' x es f_i y x no es f_j ', pues esta posibilidad está excluida por la norma que funda el uso comunitario (*diálogo*) de las relaciones entre predicadores.

Tales normas no solamente posibilitan el diálogo, sino que también constituyen algunas de las *condiciones de posibilidad* (condiciones necesarias) para la asignación de valores de verdad a los enunciados elementales empíricos, pues para verificar o falsar tales enunciados necesitamos, además de la experiencia, un sistema de predicadores previamente establecido (consciente o no) que regule al menos algunas de las relaciones de uso de éstos.

En otro sentido más amplio del término, 'empírico' pueden considerarse como tales a dichas normas y a los enunciados derivados de ellas, pues tales normas pueden modificarse históricamente con el progreso de los '*saberes*' y de sus sistemas de clasificación. Un sistema de tales normas expresa siempre, en forma parcial, una visión del mundo, una '*teoría*' que nos brinda una '*perspectiva de la visión*' en la que obligamos al mundo a presentársenos. Tal '*teoría*', tácita en los discursos naturales y más o menos consciente en las ciencias, es tema específico de una reflexión filosófica particular.

vi. *Verdades material-sintéticas*: llamamos así a aquellos enunciados verdaderos cuya verificación depende (además de los criterios señalados en i, ii, iii y v) también de normas, pero éstas no regulan ya el uso relativo de predicadores o de otros complejos lingüísticos, sino que son *normas para la construcción de los instrumentos y/o las condiciones de la experiencia*. Aquí es donde podemos repetir con Giambattista VICO que *verum et factum convertuntur*.

Como en el caso de las normas material-analíticas, éstas también fundan la posibilidad de la experiencia. Desde los grandes sistemas teóricos, hasta las técnicas más restringidas, fundan normas que, concurrentemente, por un lado permiten la verificación de enunciados y por otro lado determinan el modo empírico de dársenos los fenómenos.

Ejemplos simples de normas técnicas son las que rigen la fabricación de una superficie plana, de una lente, de una esfera, de una rueda, de una regla y de tantos otros *artefactos inexistentes en la naturaleza*.

Los enunciados universales que se verifican merced a dichas normas son "materiales" por la misma razón que en el caso de los enunciados material-analíticos, pero son "sintéticos" porque su verificación se funda en las reglas de construcción de las condiciones de la experiencia, desde el círculo máximo de la cosmovisión precientífica y de la gran teoría científica, pasando por los métodos de observación y experimentación, las técnicas de medida, estadísticas o no, el cálculo de errores, hasta las norma de construcción de instrumentos y sistemas de instrumentos, laboratorios, observatorios, etc. Todo ello constituye una totalidad articulada, en la que cada parte contribuye con su sistema de normas (parcialmente independiente), pero en la cual el sistema organizador surge de ese modo originario de dirigirse a los fenómenos que está en el fondo de toda norma que funda enunciados sintéticos, que pone las condiciones de posibilidad de la experiencia, que es como determina la *perspectiva* en la que se nos darán los fenómenos: el ser natural que se nos revele en dicha perspectiva científica será siempre un *ser natural perspectivo*.

'Síntesis' significa aquí también algo distinto que en el caso de la construcción matemática, en la cual solamente mienta la construcción de entidades simbólicas. Aquí se incorpora el significado de 'fabricación normada de entidades reales'. Un ejemplo típico en la física de este tipo de enunciados fundados en normas de construcción de la experiencia, es el llamado '*principio de superposición lineal*' (o de 'independencia lineal') de las fuerzas y de numerosas magnitudes. Este principio no es una "hipótesis de trabajo", ni una "generalización de la experiencia", sino un enunciado sintético *a priori* de la experiencia que funda en física algunas posibilidades

de experiencias mensurables: sin la independencia lineal de las fuerzas no sería en principio calculable una trayectoria que dependiese de varias fuerzas, si no se conociese previamente el presunto modo funcional en que influyen mutuamente como "relaciones internas"; pero esto es precisamente imposible en el comienzo de la teoría, que precisamente la independencia lineal posibilita. Lo "empírico" de la experiencia se torna posible por lo "no empírico" (aunque "material") de ésta. En la física los enunciados cuya verdad se funda en las normas de medición del espacio (geometría métrica, que en la construcción de la experiencia tiene una métrica euclidiana), del tiempo, de sus magnitudes compuestas y los enunciados cuya verificación surge del análisis dimensional, etc., conforman aquel fragmento de teoría física que LORENZEN denomina *protofísica*, que es una disciplina no formal, pero aprióricamente explicable.⁹ Parte de la mecánica racional y de la electrodinámica (en la medida en que sean independientes de las hipótesis sobre la legalidad gravitatoria y sobre las fuerzas entre cargas eléctricas, y sobre la existencia o no de velocidades límites para la transmisión de las correspondientes "perturbaciones") serán protofísica, una ciencia *a priori* y *sintética*; en la terminología de HUSSERL una ciencia (categorial) regional "eidética". La síntesis a priori material constituiría en la física una región "protofísica" ni tan vasta como creían los racionalistas y NEWTON y KANT por una parte, ni tan inexistente como creían y creen los empiristas y los falsacionistas al estilo de POPPER y sus discípulos.

Si algo así pudiese acontecer en la física, sería posible presumir que algo semejante pudiera ocurrir en las restantes ciencias. En la economía se pueden rastrear leyes a priori, como por ejemplo la llamada "ecuación cuantitativa del cambio". En la química creemos encontrar un principio a priori de la experiencia en lo que denominamos '*principio para la identificación de una substancia química*', que enunciamos así:

"Las propiedades, relaciones y parámetros esenciales (respecto de la teoría química vigente) de una substancia química son invariantes respecto a la *cantidad* de la substancia".

Simbólicamente expresamos esto así:

$$\wedge a^i \wedge a^j . a^i P a^j \ \& \ E_q(a^i) \rightarrow E_q(a^j),$$

donde '...P---' se lee '...es parte de---', 'q' es la teoría química del caso, 'aⁱ' y 'a^j' representan entidades corpóreas de una especie determinada y 'E_q(...)' es el conjunto de las propiedades esenciales (respecto de una teoría 'q') definido en la definición D4 del párrafo 1.1.

La identificación de una substancia química por medio de procesos destructivos sólo es posible a través de este principio, que es el que permite que aquellas determinaciones esenciales respecto de q, que determino por análisis destructivo de aⁱ, se puedan predicar también de a^j, de la cual aⁱ era una parte.

Muchos filósofos de la ciencia han comprendido - a pesar de la diversidad de sus terminologías filosóficas - la existencia de normas, de enunciados y de fragmentos de teorías científicas que son a priori de la experiencia, fragmentos que no sólo son tales por su carácter de formales, sino que además contienen experiencia. A riesgo de olvidar a algunos importantes no queremos dejar de citar a KANT, a HUSSERL, a DINGLER, a Hermann WEYL, a Wilhelm SZILASI, a Gaston BACHELARD, a Paul LORENZEN, etc.

Otros filósofos, en general *no científicos*, en general parecen carecer completamente de esa aptitud o ese hábito intelectual para comprender el *carácter constructivo-experimental de la ciencia, que es el que posibilita la síntesis material a priori*. Son conocidos los ejemplos de un HEGEL o de un SCHELLING. Así este último nos dice, como si fuera censurable, respecto de la doctrina eléctrica de su tiempo: "...la doctrina de la electricidad (es) más bien la descripción de las máquinas e instrumentos que se concibieron para su ejercicio, que una explicación de sus fenómenos."¹⁰

SCHELLING (y tantos otros filósofos) no comprende que ese instrumental, esas técnicas, sus normas de fabricación, ese instrumentalismo que permite fundar un saber protocientífico apriorístico, *abren una perspectiva para la presentación del ente natural, a través de ella aprehendido necesariamente como "ente natural perspectivo"*. Este es el único modo posible del conocimiento científico profundo del ente natural, y no un presunto "conocimiento directo de los fenómenos" que, como en el caso de HEGEL, desemboca en

10

una verborragia fuera de todo genuino conocimiento científico.

1.3. *Modalidades teóricas y prácticas*¹¹

Es sabido que los términos modales son multívocos, es decir, existen numerosos modos de *reducir* los conceptos modales básicos, como necesidad, posibilidad, etc., a conceptos y construcciones no-modales, muchas más que las que un hombre culto sospecha.

En este concepto prescindiremos de toda consideración ontológica de las modalidades y nos limitaremos a considerar sólo dos interpretaciones: (1) la interpretación *teórica* de las modalidades, que es una interpretación estrictamente reduccionista, y (2) la interpretación *teórico-práctica*, que no es completamente reduccionista, pues un concepto modal primitivo - la posibilidad - es irreductible, aunque está referida básicamente a la libertad, fundamento de la posibilidad en el dominio del hacer y del obrar humano.

La *necesidad teórica* se define de la siguiente manera:

D6' Sea 'q' una teoría deductiva cualquiera, entonces:

$$L_q a \Leftrightarrow_d q \vdash a,$$

es decir, a es necesario respecto de q, si y sólo si a se deduce de q.

L_q es el operador modal de necesidad relativa a q, a partir del cual se definen los restantes operadores modales teóricos (elementales y complejos). No es empero un operador estrictamente 'primitivo', pues lo realmente primitivo es la relación de deducibilidad a la que se reducen finalmente todas las modalidades teóricas.

La *posibilidad teórica* se define de la siguiente manera:

$$D7' \quad M_q a \Leftrightarrow_d \neg L_q \neg a \quad (\text{o sea } \neg(q \vdash \neg a)),$$

que leemos: a es posible respecto de q si y sólo si no-a no se deduce de q (o bien, no es necesario no-a respecto de q).

Estas definiciones ya fueron adelantadas, con ciertas modificaciones, en el párrafo 1.1., por lo que sólo modificamos su denominación con la semicomilla. Las restantes definiciones elementales son triviales.¹²

12

Bajo el supuesto de la consistencia simple de la teoría q (que es la condición mínima de admisibilidad de cualquier teoría que contenga como tesis al "ex falso sequitur quodlibet") podemos inferir la siguiente tesis constructivamente válida, a partir de $D6'$ y $D7'$:

T4 $L_q -a \rightarrow -M_q a$ (puesto que si $q \vdash -a$, entonces $-(q \vdash a)$).

Si $-a$ es necesario respecto de q , entonces a es imposible respecto de q , en razón de la consistencia simple de q que hemos supuesto. La implicación converso, que es "clásicamente válida", no lo será en sentido constructivo.

Señalamos arriba que las modalidades prácticas no son completamente reducibles a conceptos no modales. La libertad es, en efecto, la condición necesaria del hacer (y del obrar) específicamente humano, y la modalidad primitiva práctica será la posibilidad, cuyo ámbito fundamental de caracterización es precisamente dicho ámbito del obrar y el hacer. Para quien haya leído atentamente lo atinente a los tipos de enunciados verdaderos y sus criterios de verificación - especialmente en lo referente a las verdades material-sintéticas-, no será difícil aceptar la importancia del hacer, del construir en las ciencias empíricas, con lo que tampoco le resultará difícil comprender que los conceptos modales que se introducen serán útiles en el tratamiento de algunos problemas de la teoría de dichas ciencias.

En adelante la expresión ' p ' designará (de acuerdo con nuestros propósitos actuales) todo saber *teórico-práctico* (o *técnico*) de especie tal que contenga un fragmento teórico "puro" (separable del todo teórico, o no; no es esa la cuestión de interés aquí). Esto equivale a asegurar en este contexto teórico la admisibilidad de la siguiente tesis:

T5 $\bigwedge p \bigvee q. q \subseteq p.$

Este es un caso habitual entre las teorías científicas fácticas, en las cuales es al menos reflexivamente distinguible, aunque no sea efectivamente separable, un fragmento teórico "puro". Dichas teorías científicas son el tipo de "saberes" que nos interesan aquí.

Al intentar caracterizar el operador modal práctico primitivo nos vemos obligados a desdoblarlo en dos especies de posibilidades, que hemos designado respectivamente (1) *posibilidad (teórico)práctica de primera especie* (que de aquí en más simbolizaremos $M_p^1 a$) y (2) *posibilidad (teórico)práctica de segunda especie* (que designaremos como $M_p^2 a$). Estas expresiones se leerán respectivamente de la siguiente manera: (1) "El enunciado a es prácticamente posible de primera especie" y (2) "El enunciado a es prácticamente posible de segunda especie".

A la posibilidad práctica de primera especie la definimos o caracterizamos de la manera siguiente:

D8 Un estado de cosas a (objetivo o meta de la acción) es *prácticamente posible de primera especie* ($M_p^1 a$), si está disponible un saber teórico-práctico p *suficiente* para alcanzar a, a partir de las condiciones iniciales dadas.

Frecuentemente designamos a las condiciones iniciales como la situación o "mundo relativo" de partida. Decir que la posibilidad (teórico)práctica es de primera especie es afirmar que los "medios" para alcanzar el "fin" son suficientes. Utilizando una metáfora diríamos que asertar $M_p^1 a$ es análogo a decir que 'existe un camino completamente construído que conduce desde nuestras condiciones iniciales hasta a: el extremo a del camino es *alcanzable de primera especie*. En los siguientes ejemplos escribimos entre paréntesis y en itálica los estados de cosas prácticamente posibles de primera especie:

M_p^1 (*hay guerra*); M_p^1 (*viajar a la luna*); M_p^1 (*hay inflación*).

Como veremos enseguida, no todos los estados de cosas prácticamente po-

sibles lo son de primera especie. Nos vemos entonces obligados a definir la otra especie de posibilidad práctica:

- D9 Un estado de cosas a_i es *prácticamente posible de segunda especie*, si:
- (1) existe un saber teórico-práctico (... p_i ---) que es *insuficiente* para alcanzar a_i a partir de las condiciones iniciales c_i dadas;
 - (2) existe otro saber teórico práctico [... p_j ---] que es *suficiente* para alcanzar a_j a partir de las condiciones iniciales c_j dadas;
 - (3) está disponible una "semejanza" o "analogía" fundada¹³ entre los pares (p_i, p_j) , (c_i, c_j) y (a_i, a_j) .

13

Es importante advertir que solamente se requiere una "semejanza" entre una parte propia p_i del saber insuficiente (... p_i ---) y una parte propia p_j del saber suficiente [... p_j ---]. La analogía correspondiente para ' $M_p^2 a$ ' rezaría así: 'el camino que conduce a a_i no está completamente construido, pero, sobre la base de nuestra experiencia (teórico-práctica) previa acerca de caminos y proyectos de caminos semejantes, con condiciones iniciales semejantes c_j y hasta metas semejantes a_j , afirmamos que el camino que conduce de c_i hasta a_i será concluido. Entonces decimos que el extremo a_i del camino es *alcanzable de segunda especie*.

El ejemplo más claro, para un científico, de las posibilidades (teórico)prácticas de segunda especie es tal vez el caso de un "proyecto de investigación", tal como ellos se presentan, a los organismos proveedores de fondos, para su aprobación. La investigación científica sólo será considerada sensata y patrocinable cuando sus defensores logren convencer a la "comisión asesora" de que: (1) aún no existe el "camino" que conduce a los resultados buscados, pero (2) sí existen suficientes fragmentos de él como para considerar realizable su conclusión con los medios y en el tiempo solicitados. La defensa del proyecto se funda en semejanzas con casos en los cuales se alcanzaron los resultados propuestos. Si el "camino" completo ya existiera, no se trataría de una investigación científica, sino de un plagio o de una farsa. Sobre la aceptación de criterios y semejanzas tales es que se de-

cide (o debería decidirse) la asignación de fondos requeridos.

Otros ejemplos nos ayudarán a comprender mejor el concepto propuesto:

M_p^1 (hay paz); M_p^2 (viajar a Proxima Centaurii); M_p^2 (no hay inflación).

Las relaciones inmediatas entre posibilidades prácticas y posibilidad teórica (y entre sus correspondientes negaciones) son las siguientes:

$$T6 \quad M_p^1 a \rightarrow M_p^2 a \rightarrow M_q a \quad ,$$

$$T7 \quad -M_q a \rightarrow -M_p^2 a \rightarrow -M_p^1 a$$

La demostración se funda en la lógica elemental clásica, en T5 y D8 y D9. Por ello tanto T6 como T7 son enunciados verdaderos material-analíticos (ver párrafo 1.2.v.).

De la misma manera en que con las modalidades teóricas comenzábamos definiendo el operador primitivo de necesidad ' L_q ' y a partir de éste continuábamos definiendo los restantes operadores teóricos, de la misma manera, en el caso de las modalidades prácticas partimos de las dos posibilidades primitivas y definimos los restantes operadores (en T7 ya hicimos eso con las imposibilidades, obtenidas de T6 por contraposición).

Las *necesidades prácticas* de primera y segunda especie se definen de la siguiente manera:

$$D10 \quad L_p^1 a \Leftrightarrow_d -M_p^1 -a \text{ (a es inevitable de primera especie),}$$

$$D11 \quad L_p^2 a \Leftrightarrow_d -M_p^2 -a \text{ (a es inevitable de segunda especie).}$$

Las contingencias *unilaterales* ($M_p^1 -a$ y $M_p^2 -a$) y *bilaterales homogéneas* ($M_p^1 a \& M_p^1 -a$ y $M_p^2 a \& M_p^2 -a$) y *bilaterales mixtas* ($M_p^1 a \& M_p^2 -a$ y $M_p^2 a \& M_p^1 -a$) se definen como es habitual en lógica modal.

Las contingencias bilaterales mixtas aquí introducidas, junto a otras

que se pueden formar con la posibilidad y contingencia teórica y las prácticas, permiten dar una forma lógica precisa a ese pasaje difícil en ARISTOTELES (*De interpretatione*, ix, 19 a 17-21), donde distingue entre "una verdadera indeterminación" y aquel otro caso en que "la tendencia en una dirección dada es más fuerte y más constante...". TRICOT anticipa en algo nuestra interpretación cuando distingue entre "*contingentia aequalia*" y "*contingentia inaequalia*".¹⁴

Un cuadro completo de todas las modalidades teóricas y prácticas con sus relaciones de implicación clásicas se puede hallar en ROETTI (1), (3) y (4). Un atisbo de tales relaciones, que el lector puede articular con las adelantadas en T6 y T7, son las siguientes:

$$T8 \quad L_q a \rightarrow L_p^2 a \rightarrow L_p^1 a \rightarrow M_p^1 a \quad ,$$

$$T9 \quad -M_p^1 a \rightarrow -L_p^1 a \rightarrow -L_p^2 a \rightarrow -L_q a.$$

Para el lector interesado en el tema remitimos a los trabajos señalados arriba. Para la comprensión de los problemas modales que surgirán en lo que sigue y que tendrán un tratamiento simbólico en el capítulo tercero, bastará con haber comprendido el sistema de conceptos modales teórico-prácticos adelantados aquí y reconocer la notación usada.

Como veremos también en el capítulo tercero, *las contingencias bilaterales mixtas serán útiles en ciertas precisiones sobre las definiciones de elementos químicos, en los temas del análisis y la síntesis química y sus frecuentes asimetrías y, en general, en el problema de la combinación química.* Pero este último tema, sin embargo, no será tema de tratamiento en esta monografía.

Notas al capítulo primero

1. Para el tema de las formas normales prenexas cf. KLEENE, párrafo 35, pp. 162-8, y CHURCH, párrafo 39, pp. 209-12. Para el tema de la decisión en sistemas parciales de lógica de primer orden (fragmentos) cf. CHURCH, párrafos 46 (pp. 246-57) y 49 (pp. 292-4), y KLEENE, párrafos 76, pp. 432-6. Transcribimos a continuación la definición de forma normal prenexa de CHURCH:

"thus a wff. A is in *prenex normal form* if and only if has the form

$$\Pi_1 \Pi_2 \dots \Pi_n M,$$

where M is wf. and quantifier-free, where each Π_i is either $(\forall a_i)$ or $(\forall a_i)$ ($i = 1, 2, \dots, n$), and where a_1, a_2, \dots, a_n are variables which are all different and which all have at least one (free) occurrence in M. The formula

$$\Pi_1 \Pi_2 \dots \Pi_n$$

is called the *prefix* of A and the wff. M is called the *matrix* of A. (As a special case, we may have that $n = 0$; in this case the prefix is the null formula, and the matrix M coincides with A.)" (CHURCH, p. 210. En KLEENE cf. párrafo 35, p. 167, theorem 19.)

2. Cf. RESCHER (1):
3. Cf RESCHER (1), pp. 196-7
4. La tesis "hegeliana", según RESCHER (1), tendría la forma:

$$\Lambda x.fx \rightarrow Lfx.$$

Su contraria:

$$\Lambda x.fx \rightarrow -Lfx, \text{ o bien } \Lambda x.fx \rightarrow M-fx,$$

que equivale a la expresión "nada es necesario". La tesis intermedia, que hemos adoptado en el texto siguiendo a RESCHER, admite una forma equivalente a la dada en T3:

$\forall x \forall f_i \forall f_j . Lf_i \& M - f_j . x$.

- Cf. RESCHER (1), p. 18.
5. Cf. LORENZEN (2), p. 210
 6. Cf. LORENZEN (2), p. 189.
 7. Cf. POPPER, especialmente cap. I, párrafo 6, y cap. IV.
 8. Cf. LORENZEN (2), p. 214: "Um unnotigen Streit zu vermeiden ("Dies ist ein Kafer.") normiert man die Verwendung von Eigenprädikatore, die ihre Ursprung in verschiedenen Lebenswelten haben, derart, dass eine gemeinsame Verwendung ermöglicht wird."
 9. Cf. LORENZEN (2), p. 225. A continuación escribe LORENZEN: "Um ihren Status zwischen (formaler) Mathematik und empirischer Physik zu bezeichnen, mögen diese Disziplinen auch als "Protophysik" zusammen gefasst werden."
 10. "...die Lehre von der Elektrizität |ist| beinahe mehr die Aufzählung der Maschinen und Instrumente, die man zu ihrem Beruf erfand, als eine Erklärung ihrer Phänomene." (SCHELLING, Bd. 2, p. 123.)
 11. Estos temas fueron desarrollados en varios artículos. Véase ROETTI (1), (2), (3) y (4).
 12. Para una explicación más detallada remitimos a LORENZEN (2), pp. 109-18 y ROETTI (1) y (3).
 13. No podemos extendernos sobre el carácter de la semejanza *fundada*. Remitimos al lector especialmente a RESCHER (2), cap. 2, y ROETTI (1) y (3). 'Semejanza' es aquí un término indefinido: lo que importa no es el estu

dio de su "naturaleza", sino de las *reglas* mediante las cuales puede ser defendida en un *diálogo crítico* una aserción de semejanza o desemejanza.

14. Los términos '*contingentia aequalia*' y '*contingentia inaequalia*' forman parte de la tradición. TRICOT los utiliza refiriéndose al siguiente texto aristotélico del *De interpretatione*, 19a17-21: "...faneron ára hōti uj'hápanta ex anánkes út'éstin úte gígnetai, alla ta men hopóter étyje kai uden mállon ē hē katáfasis ē hē apófasis alethés, ta de mállon men kai hōs epi to poly tháteron, u mēn all'endéjetai guenésthai kai thátheron..."

Cuya traducción sería, siguiendo a TRICOT, la siguiente:

"..., es por lo tanto evidente |digo| que no es por efecto de necesidad que todas las cosas son o devienen; en efecto, unas veces se tiene que ver con una *verdadera indeterminación*, y entonces ni la afirmación ni la negación son más verdadera, ni más falsa, una que otra, mientras que otras veces *la tendencia en una dirección dada es más fuerte y más constante...*"

Los subrayados son nuestros. El primero de ellos corresponde a la *contingentia aequalia*: encontrar por azar a un amigo. El segundo a la *contingentia inaequalia*: cavar la tierra y encontrar un tesoro. Véase TRICOT (ARISTOTELES' (13), p. 101, n. 4 y 5).

Capítulo segundo

*Algunos antecedentes históricos del concepto de 'elemento' y de conceptos afines.*¹

Ya dijimos en la introducción que los textos contemporáneos de química carecen frecuentemente de definiciones de la expresión 'elemento químico' y de expresiones afines.² También es frecuente, que cuando poseen dichas definiciones éstas no sean un dechado de univocidad y precisión. Hemos comprendido y admitido dicha carencia en el caso de ésta y de otras ciencias que usan esos términos porque, a pesar de su punto de partida con tal uso de términos vagos y ambiguos, a través del aprendizaje teórico-práctico o experimental adquieren un uso adecuado empragmáticamente controlado.

El tema de los elementos es difícil. No solamente en lo que atañe a su enumeración y caracterización, sino también en lo que hace a su definición. Esto ya lo indica un autor tan lejano de nosotros en el tiempo y tan próximo al origen del pensar científico como fue ARISTOTELES, especialmente en lo que respecta a la determinación de cuáles son los elementos y de cuál es su naturaleza o su esencia. La dificultad en la definición real va creciendo para ARISTOTELES a medida que descendemos de lo viviente a lo inanimado, al fuego, al aire, el agua y la tierra, porque su fin y su función se torna menos evidente. En efecto, la forma, la esencia se revela por medio de la función: "lo que una cosa es está siempre determinado por su función; un ojo, por ejemplo, por el hecho que puede ver... Y ello es también verdadero de la carne, excepto que su función es menos aparente que la de la lengua. Y lo es también del fuego: pero su función es aún quizá más difícil de especificar, por investigación científica, que la de la carne."³

La dificultad de conocer la esencia del fuego se funda, para ARISTOTELES, en que los elementos no morirían. La muerte, por privación de las ca-

racterísticas esenciales en los restos, nos proporciona un acceso privilegiado al conocimiento (de donde se seguiría que habría una ciencia eidética de la vida, pero difícilmente una ciencia eidética de lo inanimado, para ARISTOTELES).⁴

En una epistemología de la química no será relevante abordar el primer problema: el de cuáles son los elementos y cuál su esencia. En cambio el segundo problema le será inevitable. Habrá que abordar, con todos los riesgos, la tarea de definición del término 'elemento' y de términos afines, e indicar de qué clase de definición se trata: si se proponen como proposiciones "reales" o normativas y, en este último caso, de qué especie, si son teóricas, o teórico-prácticas (experimentales o técnicas), etc.

Al comenzar este trabajo intentamos primero recoger antecedentes de definiciones de los términos señalados, si no en los químicos, al menos en los grandes exponentes de la teoría de la ciencia, o bien en libros o artículos sobre epistemología de la química. El resultado fue desalentador. En los tratados generales de epistemología, donde diversos especialistas exponen la epistemología de la región de ciencia de su incumbencia, falta sistemáticamente la región destinada a la química. Una excepción a este proceder lo constituye una obra de José M. RIAZA MORALES⁵, sin embargo allí lo propiamente químico queda subsumido en una consideración general de la fisicoquímica. Los libros sobre epistemología de la química son aún escasos. Los más accesibles son los de PRELAT y de CALDIN. Más recientemente se tornaron accesibles las clases de H. PRIMAS, aparecidas en forma de libro, titulado *Foundations of Theoretical Chemistry*. Este es un trabajo muy interesante, aunque inespecífico para nuestro propósito. Empero lo hemos considerado en algunos aspectos.⁶

Los resultados de dichos trabajos no nos parecieron suficientes, por lo que recomenzamos nuestra tarea en dos direcciones, la histórico-crítica, que trataremos en este capítulo, y la lógico-sistemática, que consideraremos en detalle en el capítulo siguiente. La parte histórico-crítica ha sido dividida a su vez en dos partes: en la primera consideraremos los antecedentes epistemológicos recientes y en la segunda estudiaremos los intentos defini-

cionales del término 'elemento' y términos afines desde la antigüedad, en la medida en que sean definiciones de 'elemento' compatibles con el tema específico en la ciencia química.

2.1. *Antecedentes epistemológicos recientes*

En el año 1947 aparece la *Epistemología de la química* de Carlos E. PRELAT. Sus definiciones de los términos 'cuerpo puro simple' y 'cuerpo puro compuesto' aparecen, en varios aspectos, como imprecisas:

- (1) "Se llaman *cuerpos puros simples* a los que no experimentan descomposiciones y *cuerpos puros compuestos* a aquellos que experimentan descomposiciones. Esta definición tiene un carácter estrictamente observacional: cuando un cuerpo puro, en todo el ámbito de condiciones físicas en las que se lo ha colocado hasta la actualidad no se descompone, decimos que es un cuerpo puro simple; en caso contrario, que es un cuerpo puro compuesto.⁷

Repárese especialmente en las expresiones 'experimentan' y 'estrictamente observacional'. Que el carácter de estas definiciones no es "estrictamente observacional" surge ya de la segunda parte de la definición: todo el "ámbito de condiciones físicas en que se ha colocado hasta la actualidad" remite al estado actual de la teoría química y a las técnicas de análisis existentes. Tales definiciones se podrían designar como "operacionales", "experimentales" o "teórico-prácticas", pero de ninguna manera como "estrictamente observacionales".

Estos cuerpos puros simples y compuestos - que tradicionalmente denominaríamos 'substancias corpóreas puras simples y compuestas' - estarían "formados", según PRELAT, respectivamente por substancias "simples" y "compuestas".⁸ El autor enfatiza que el verbo 'formar' está tomado en "sentido observacional", expresión que sólo contribuye a oscurecer el texto. PRELAT parece querer decir con ello alguna de las dos cosas siguientes: (1) o bien que las "substancias simples" y "compuestas" que "forman" los cuerpos son los mínimos naturales según la especie, es decir, sus "moléculas" o "átomos

según el caso, en las hipótesis habituales acerca de la estructura fina de la materia química, o bien (2) que son lo que hoy, y por cierto en este trabajo, denominaríamos 'especie química', consistente en un conjunto de ecuaciones (con sus soluciones) y constantes que determinan propiedades y relaciones intensivas, deducidas o compatibles con una teoría química. Como anticipáramos en el párrafo 1.1. las especies no serán confundidas nunca con las sustancias (primeras), sino que serán consideradas como abstractos $E(x)$ de tipo esencial, cuyo contenido o intensión dependerá, o bien de un saber teórico "puro", o bien de un saber teórico-práctico. Esto concuerda con toda la tradición filosófica y científica, que desde sus orígenes se vio obligada a distinguir entre las entidades reales individuales y sus abstractos definicionales irreales o ideales, cualquiera fuera la solución teórica respecto de la constitución ontológica de los extremos de la relación real-ideal, como de la naturaleza de la relación misma.

Poco después del texto citado arriba nos brinda PRELAT su definición del término 'elemento':

- (2) "Llamamos *elemento* al conjunto de una sustancia simple, las que de ella pueden originarse por modificaciones alotrópicas y las que forman cuerpos puros simples de cualesquiera de esas sustancias que pueden obtenerse por descomposición de todos los cuerpos compuestos."⁹

Las dificultades se tornan aquí mayores. Se comparamos el uso en este fragmento de la expresión 'sustancia' con el que se hiciera un poco más arriba, advertiremos su incompatibilidad: arriba los "cuerpos puros simples" y los "compuestos" estaban "formados" por sustancias puras y simples; aquí los cuerpos puros lo son de dichas sustancias, con lo que la relación - a despecho de la imprecisión del texto - parece invertirse.

Agreguemos a ello que en esta definición el término 'elemento' es multívoco en grado tres. En efecto, 'elemento' aparece caracterizado como el "conjunto" de una sustancia simple. Nos preguntamos ¿qué conjunto? Si interpretamos "sustancia" como el "mínimo natural según la especie", ¿será entonces el "elemento" la totalidad de las moléculas o átomos específicamente idénticos existentes en el universo?, ¿o será cualquier "subconjunto" de

dicho "conjunto"? En el primer caso ello nos recuerda el concepto de *individuo-especie-total* de BOLZAN.¹⁰ Dicha interpretación del término 'elemento' en PRELAT sería incompatible con la versión *intensional* de substancia simple, por ser una interpretación *extensional*. Pero es precisamente una interpretación de aquel carácter la que más favorece al autor considerado. En efecto, la interpretación *extensional* de substancia simple nos conduce a las partes del cuerpo simple, las que a su vez serán cuerpos simples. Aquí se planteará la alternativa de si hay límites en la división - es decir, mínimos naturales que denominaremos según el caso 'molécula', o átomo, etc.-, o bien si se da un *regressus in infinitum* sin mínimos naturales. En el primer caso tendremos una consecuencia desfavorable: cada cuerpo estará formado por una pluralidad de substancias simples, salvo en el caso en que el cuerpo simple deberá estar compuesto por mínimos naturales *de la misma especie*, ¿cómo lo podremos asegurar sin disponer de un criterio de identificación de las "substancias simples"? Un criterio tal consistiría en un conjunto de propiedades y relaciones intensivas - funcionales o no - relativas a una teoría química, es decir, en una "especie teórica", en un *abstracto*. Ello, que es esencial para la identificación de los "cuerpos" químicos, no está contemplado en la versión *extensional* de la "substancia simple" de PRELAT. En el segundo caso, del *regressus in infinitum*, al carecer de mínimos naturales resulta inconcebible cómo se puede formar el "elemento-individuo-especie-total" a partir de substancias simples inexistentes, de las que aquel se compondría.

Si en cambio interpretamos *intensionalmente* a la substancia simple, entonces mal puede decirse que el elemento es el "conjunto de una substancia simple", según reza la definición (2), pues conjunto es un concepto *extensional*. Las tres interpretaciones, las dos *extensionales* y la *intensional* del texto citado dan lugar a dificultades insalvables. Las señaladas no son las únicas. Así el último fragmento de la definición (2) ("las substancias que forman los cuerpos simples...") es incompatible con el primero, donde el elemento era (*extensionalmente*) "formado" por las "substancias simples".

El segundo fragmento del texto (2), en su parte rescatable, señala que 'elemento' es un término con significado más amplio que el término 'substancia simple'.

cia simple', pues incluye a los estados alotrópicos, lo que nos permite inferir que, para PRELAT, dos estados alotrópicos diferentes corresponden a sustancias simples diferentes. Lo que constituye una definición normativa (material-analítica) defendible. Si obviamos las dificultades terminológicas y entendemos intensionalmente al elemento, advertiremos que la relación entre elementos y estados alotrópicos es un problema que requiere ser considerado.

Las dificultades lógicas de las "definiciones" de PRELAT provienen, según nuestro entender, de dos fuentes principales: (1) de la ambigüedad, vaguedad y vacilaciones u oscilaciones constantes a que son sometidos los significados de los términos considerados, como hemos advertido de la consideración de los textos aportados (que tornan especialmente difícil su disección), y (2) de la ausencia de la distinción entre términos que refieran a objetos reales, como los cuerpos o sustancias primeras, y términos que refieran a objetos abstractos, a *entia rationis*, como son las especies químicas, los elementos, etc., que siempre se determinan respecto de una teoría y también, habitualmente, respecto de las posibilidades prácticas (técnicas) de análisis. Estas dificultades enfatizan la importancia de un adecuado instrumental lógico en el análisis y la exposición de todos los temas de teoría de la ciencia, incluida la teoría de la ciencia química.

Abandonamos aquí la consideración de esta obra en la cual, en lo que concierne al tema, sólo esto último es rescatable, junto con la indicación de las que, para PRELAT, constituyen las principales fuentes históricas del concepto de elemento: BOYLE, LAVOISIER y "quizá los peripatéticos".¹¹

Otro epistemólogo de la química, E.F.CALDIN, expresa en los siguientes términos lo que entiende por elemento químico:

- (3) "...and experience with chemical reactions led to the distinction of pure substances into two classes: compounds, (...) and elements, which there was no reason to think had undergone decomposition in any known reaction."¹²

Aquí no hay sino un esbozo de definición de elemento químico, y por

cierto no excepcionalmente preciso. Sorprende bastante la vaga expresión 'no había razón para pensar'. ¿Qué debe entenderse con ella? Aún traduciendo 'reason' por 'fundamento' no alcanzamos mayor claridad: muchos sentidos posibles se hallan también entonces a disposición. Dentro de la ambigüedad del término - y colocándonos en la interpretación que pareciera más favorable al texto - creemos que CALDIN intenta afirmar que, respecto de la teoría química vigente y a partir de la observación de fenómenos de descomposición espontánea y de la descomposición experimental con las técnicas que nos son actualmente accesibles, *no se deduce ni se observa ninguna descomposición de ciertas sustancias puras*. A tales sustancias químicas puras denomina *elementos químicos*.

Que CALDIN haya intentado decir algo semejante - sobre todo con referencia a la dependencia de los elementos admitidos respecto de una teoría - parece confirmarse cuando leemos un poco más adelante que la clasificación de los elementos "...does not consist of empirical laws, or simple generalizations of data, but constitutes a set of theoretical hypothesis."¹³

Con ello adelanta CALDIN otra de las características importantes de algunas de las definiciones de elemento químico que se pueden proponer en la actualidad. Falta sin embargo, como ya lo advirtiéramos al considerar la obra de PRELAT, la distinción fundamental entre términos que designan sustancias químicas reales y términos que designan entidades químicas abstractas, como especie, elemento, etc. Así no queda claro que los elementos no existen sino que sólo existen sustancias químicas (primeras), entre las cuales hay algunas cuyas especies son elementales respecto de una teoría química que es un saber teórico-práctico p.

Un error de la misma naturaleza se advierte en una obra de J.M. RIAZA MORALES.¹⁴ Al describir el sistema periódico de los elementos define a éstos de la siguiente manera:

(4) "Se llaman 'elementos' las sustancias formadas por la agrupación de átomos de la misma clase."¹⁵

Nuevamente se confunden aquí las sustancias elementales con los elementos. Y la dificultad se transparenta cuando consideramos las dos últimas

palabras: "misma clase". ¿Cómo sabe que los átomos son de la misma clase, si carece de criterios de identificación de los átomos de la clase? Tales criterios de identificación, que consisten de propiedades y relaciones intensivas, constantes, sistemas de acuaciones con sus soluciones, etc. (*entia rationis* en la terminología clásica), son las *especies* que permiten determinar si unas sustancias son de cierta especie y si una sustancia es elemental respecto de un determinado saber. También falta aquí la distinción básica: *las sustancias elementales no son elementos*.

2.2. Algunos intentos de definición de la historia química.

Habiendo examinado algunas de las pocas definiciones contemporáneas de elemento químico que se encuentran disponibles, y habiendo advertido también sus serias dificultades, parece conveniente compararlas con algunos de los intentos de definición más importantes entre los disponibles en la historia de la ciencia.

Esta travesía histórica nos mostrará en qué medida los mejores intentos de definición de elemento químico son dependientes de ciertas caracterizaciones del término 'elemento' que ya aparecen con ARISTOTELES, y que en la ciencia química generalmente se las atribuye a LAVOISIER, o a lo sumo a BOYLE. Dichas caracterizaciones pertenecen a un tipo de definición *operacional*, como suelen denominarse habitualmente, pero no son los únicos tipos de caracterizaciones de elemento que aparecen en ARISTOTELES.

Otras dos tendencias permanentes en la historia del problema de los elementos se encuentran también presentes en el pensamiento aristotélico, a saber, (1) la tendencia a preocuparse menos por definir qué debe entenderse por el término 'elemento' y más por dar una adecuada enumeración y caracterización de éstos y una teoría satisfactoria de sus relaciones, sus "movimientos", etc., es decir, una "teoría cosmológica" de los elementos en su versión antigua y una "teoría química" de éstos en su versión moderna. (2) La tendencia a introducir cambios que admiten la corrupción y la generación incluso de los elementos de las sustancias corpóreas. Esto, como veremos, es ya compatible con la cosmología platónica, con la teoría de los elementos aristotélica y, ya cerca de nosotros, con los modelos teóricos al menos des-

de CROOKES y RAMSEY. También es interesante notar que tales teorías acerca de la generación y la corrupción de los elementos que hoy llamaríamos 'elementos químicos', son independientes de ciertas hipótesis generales acerca de la estructura fina de lo corpóreo, como son atomismo o corpuscularismo, un continuismo con o sin mínimos naturales, o algunas de sus variantes. Por cierto, toda admisión de la generación y de la corrupción de los elementos para no ser incompatible internamente, deberá retirar el carácter *absoluto* a los presuntos elementos generables y corruptibles, pudiéndolos admitir como elementales en sentido *relativo*, a saber, respecto de las organizaciones de los corpóreo de complejidad superior.

2.2.1. *Platón*

En este autor no encontramos un interés específico por definir qué se debe entender por 'elemento', aunque sí encontramos numerosos pasajes en los cuales se enumeran los elementos del cuerpo del mundo y del alma del mundo, con sus 'extremos' y sus 'medios'. Los dos diálogos fundamentales en este aspecto son el *Filebo*, tal vez el último diálogo platónico anterior a las *Leyes*¹⁶, y el *Timeo*, también diálogo de la vejez. En el *Filebo* da, como 'elementos' para el *alma del mundo*, a "lo mismo", "lo indivisible", "lo divisible" y "lo otro", en su adecuada proporción, o bien "causa", "límite", "mixto", e "ilimitado", en su correspondiente proporción.¹⁷

En el diálogo *Timeo* aparecen los cuatro elementos de EMPEDOCLES, fuego, aire, agua y tierra, que se dejan ordenar en la correspondiente analogía. importante que dicha ordenación sea *lineal*, a pesar de que la palabra 'círculo' (*kýklos*) aparezca en *Timeo* 49b-c.

Según SEECK 'círculo' sólo significa, en dicho contexto, que desde cualquier elemento (de los cuatro señalados) se puede alcanzar cualquier otro, pero ello, en el caso de los elementos extremos, por mediación de terceros en la ordenación lineal. Como veremos, en ARISTOTELES 'círculo' significa algo más: el pasaje inmediato, por ejemplo, entre fuego y tierra.¹⁸

Otra característica fundamental de los elementos platónicos en el *Timeo* es la de su constitución geométrica, aunque ella sea presentada como *mito* o, como diríamos hoy, como hipótesis o conjetura. Como señala SCHUHL, "como

buen pitagórico no los considera a los elementos como primitivos y los relaciona con formas geométricas de la extensión."¹⁹ Dicha hipótesis reductiva geometrizarante del *Timeo* se le presenta a PLATÓN como al menos tan plausible, y tal vez más, que las otras hipótesis que en su momento eran sostenidas.²⁰ Para PLATÓN descubrir lo que sucede en el mundo natural es un entretenimiento inocente. La ciencia por sí misma no sería sino un pasatiempo (con lo que se muestra cuánto ha cambiado la concepción de la ciencia desde entonces hasta nuestros días).²¹ Pero ese pasatiempo del *Timeo*, que no garantiza, en definitiva, ni siquiera los elementos del mundo físico, tendría para PLATÓN una constitución tal que lo tornaría "necesariamente verosímil"²², quizá porque su constitución es geométrica, lo que es conforme con su actitud pitagórica en este aspecto.

La argumentación del *Timeo* en torno de los elementos del cuerpo del mundo comienza con el tratamiento de la *materia*, madre y receptáculo, que no es ninguno de los elementos de EMPEDOCLES, ni una combinación de ellos, ni de los elementos de los cuales ellos están formados (51a), sino que parece identificarse con el espacio o con el lugar de emplazamiento (52b-c), semejante a un caos originario.²³ (Según parece fue PLATÓN el primero en usar la palabra 'jōra' para referirse al espacio en general.)²⁴

La acción del Demiurgo se despliega sobre esa materia, y la hipótesis geométrica "necesariamente verosímil" nos proporciona un elementarismo cuyas formas irreductibles son dos tipos peculiares de triángulos: el escaleno recto que resulta por división mediante la bisectriz del triángulo equilátero, y el isósceles recto. Con el primero se forman los tres elementos más ligeros de EMPEDOCLES, con el segundo sólo la tierra. El tetraedro, que corresponde al fuego, se forma con cuatro triángulos equiláteros, formados a su vez por seis escalenos rectos. Al octaedro le corresponde el aire, al isósaedro el agua, siendo formados sus triángulos equiláteros, en ambos casos, como aconteciera con el tetraedro ígneo. A la tierra, en cambio, le corresponde el cubo, cuyos cuadrados son formados con cuatro isósceles rectos. Como los "elementos" de estos cuatro cuerpos platónicos son de dos especies diferentes, es fácil por un lado comprender cómo es posible pasar de fuego a agua, y de agua a aire, incluso en la forma "circular" aristotélica, sin

ceñirnos a las transformaciones "lineales" antes señaladas. En cambio es muy difícil concebir cómo podría justificar PLATÓN el paso de cualquiera de esos tres elementos al elemento tierra, pues el isósceles recto de la tierra no es congruente sin deformación con el escaleno recto de los elementos más livianos.

25 Esta dificultad, que pone un límite a las posibilidades de transformaciones "lineales" entre los elementos, se puede ver más claramente cuando observamos que al quinto cuerpo platónico - al dodecaedro - no le corresponde ningún elemento, aunque "Dios lo usó en el universo para embellecerlo con signos".²⁵ Bien podría haberse usado este quinto cuerpo regular como forma geométrica para un quinto elemento, el éter, que como veremos aparecerá en ARISTOTELES en el dominio supralunar. Las dificultades platónicas parecían provenir de la circunstancia de que los triángulos isósceles en que se dividen los pentágonos del dodecaedro poseen vértices centrales de 72 grados, los que ni de esa manera, ni divididos en escalenos rectos, son congruentes con los escalenos rectos de los tres primeros elementos, ni con los isósceles rectos de la tierra, salvo mediante "deformación violenta", lo que parece estar más allá de la aparentemente inviolable rigidez "pitagórica" de los triángulos elementales.²⁶

26 Una nueva observación merece la curiosa expresión doblemente modal 'necesariamente verosímil' que emplea PLATÓN al comenzar el mito geométrico del *Timeo*. Hoy podríamos decir, de acuerdo con PLATÓN, que nuestros actuales elementos químicos son *necesarios* en el sentido de la necesidad teórica, es decir, deducibles de una teoría química actualmente vigente, pero son a su vez solamente "verosímiles" o "hipotéticos" en cuanto la situación epistémica de la teoría es tal. El término 'hipotético deductivo' parece una adecuada revisión contemporánea de la doble expresión modal platónica citada, que sin pretensiones filológicas consideramos compatible con la expresión modal contemporánea 'necesariamente posible': en tanto hipotética una teoría es posible, en tanto deductiva, sus consecuencias se siguen necesariamente. Pero la naturaleza de los elementos reales del mundo, si es que los hay, continuará siendo conocida solamente por el Hacedor del mundo, o

por quienes gocen de una especial amistad con Aquél, como bellamente dice PLATON. A nosotros, simples mortales, nos quedan empero, al menos dos tareas relativas al tema de los elementos: la tarea hipotético-deductiva y experimental de la determinación de su número y sus características, y la tarea metodológica de la definición de lo que entendemos por el término 'elemento (químico)'. Tal definición, que compete al teórico de la ciencia, no es abordada por PLATON. Ello nos conduce directamente a ARISTOTELES.

Sin embargo antes de abandonar a PLATON debemos recordar al menos otras dos contribuciones de éste al tema de los elementos en las ciencias de la naturaleza. El primer lugar es PLATON quien introduce el uso de la palabra 'stojjeiá' para designar a los elementos.²⁷ En segundo lugar ya su "hipótesis" geométrica confiere a los elementos cosmológicos del cuerpo del mundo el carácter de *elementos relativos*. Esto es especialmente importante en la actualidad, pues evitará numerosas discusiones estériles acerca de cuáles son los "verdaderos" elementos: los "elementos" de la biología pueden ser compuestos en la química, los elementos de ésta compuestos en la física, dependiendo el carácter elemental o compuesto de una entidad corpórea de la teoría que la considere y de las demarcaciones - teóricas o prácticas - que existan entre éstas.

2.2.2. Aristóteles

El Estagirita propone definiciones de elemento en numerosos pasajes de su obra. Reiteramos aquí solamente algunos de los considerados más importantes²⁸:

- (5) "Admitimos pues que el elemento es un *cuerpo* en el cual los otros cuerpos se resuelven, que les es inmanente en potencia o en acto (en el cual de los dos aún se puede discutir), y que es él mismo *indivisible en partes específicamente diferentes*."²⁹
- (6) "En consecuencia, puesto que el compuesto no es un elemento, no todos los homeómeros serán elementos, sino sólo lo *indivisible en partes diversas según la especie*, como se ha dicho antes."³⁰

- (7) "Se llama elemento, lo primero, inmanente y *específicamente indivisible en otra especie*, de lo que algo está compuesto;..., por ejemplo, una parte de agua es agua, pero no es sílaba una parte de la sílaba."³¹

Los subrayados son nuestros y marcan una diferencia importante entre los párrafos (5), (6) y (7). En los tres textos citados se encuentra la misma expresión disposicional: 'indivisible' (adiaíreton), la cual, como toda expresión de esa naturaleza, se puede reducir a la expresión modal 'imposible dividir' o, más precisamente (si no consideramos la acción, sino el estado de cosas consiguiente a la acción), a la expresión 'imposible estar dividido'. En el capítulo siguiente veremos en qué casos de definiciones de elemento se puede prescindir de tales expresiones disposicionales, y en qué casos no se puede prescindir de ellas.

El párrafo (5) dice que elemento es *aquello en lo cual los cuerpos se resuelven*. El carácter *corpóreo* de los elementos queda suficientemente acreditado. Del mismo modo, en los textos (5) y (6) la misma expresión '*indivisible en partes específicamente diferentes*' (adiaíreton eis hētera tō eídei) que se refieren respectivamente a las expresiones antecedentes 'cuerpo' y 'homeómeros', reafirman este carácter corpóreo de los elementos. En cambio en el párrafo (7) las posibilidades de interpretación son más amplias, aunque ello no signifique que haya cambiado la consideración aristotélica del carácter corpóreo de los elementos de lo corpóreo, como lo indica inmediatamente el ejemplo propuesto por ARISTOTELES mismo. Lo que queda claro es que en los párrafos (5) y (6) se subraya el carácter de *cuerpo simple o substancia elemental simple* de los elementos, en tanto en (7) el interés se desplaza hacia un aspecto *lógico*: elemento es la especie no divisible en especies diferentes. De este punto al de distinguir entre substancias elementales y elementos inexistentes sólo hay un paso: las especies no serán substancias primeras, sino substancias segundas, "eídoi" dados lingüísticamente en la definición. En la actualidad - y desde un punto de vista estrictamente lógico, cosmológicamente neutral - diríamos que las especies y los elementos son *abstractos*, entidades lógicas obtenidas mediante el uso correcto

de operadores de abstracción, como vimos en el párrafo 1.1.

Introduciendo estas distinciones podemos obtener de las tres definiciones aristotélicas cuatro notas que gobiernan las relaciones entre las expresiones en juego, una de las cuales es la expresión 'elemento'.

i.. Una sustancia corpórea, cuya especie es un elemento, es una sustancia corpórea elemental, es decir, no se resuelve en sustancias corpóreas específicamente diferentes.

(Esta nota nos da la diferencia específica entre las especies corpóreas que son elementos y las restantes especies corpóreas.)

ii. Una sustancia corpórea cualquiera, cuya especie no es un elemento, se resuelve en sustancias corpóreas cuyas especies son elementos.

(Aquí se menciona la vía analítica.)

iii. Las sustancias corpóreas cuyas especies son elementos son las sustancias con las cuales se componen las restantes sustancias corpóreas cuyas especies no son elementos. (Con ello queda mencionada la vía de la síntesis.)

iv. Una sustancia corpórea cuya especie es un elemento será inmanente en otras sustancias corpóreas de especie no elemental "en potencia o en acto".

La característica iv señala que las sustancias de especie elemental pueden permanecer en la sustancia de especie compuesta "en potencia o en acto", con lo cual remite a problemas próximos al de los elementos, como son el del modo en que subsisten las sustancias elementales en los compuestos en sentido amplio, o en aquellos otros compuestos peculiares que son las combinaciones químicas (míxis), o el de cómo se conservan los componentes en las mezclas (sýnthesis). Por ello esta cuarta característica extraída de las definiciones aristotélicas no constituye una nota esencial para la definición de elemento. Las tres notas restantes, en cambio, son decisivas, aunque no de la misma manera.

Las definiciones aristotélicas pretenderían reflejar - conforme a TRICOT - el carácter del elemento como opuesto al compuesto, según "el sentido común y el consentimiento general". Es cierto que a través de las definiciones consideradas se delinea nítidamente el par de opuestos 'elemento-com-

puesto', aunque - como veremos más adelante - será menester matizar y complicar ese aparente simple par de opuestos. Pero a nuestro entender lo que ARISTOTELES intentó fallidamente fue lo que en lenguaje contemporáneo denominaríamos una *reconstrucción ortolingüística de un par de opuestos, cuyo uso empragmático ya estaba controlado por el obrar.*³²

32

Tal como lo viéramos en PLATON, también en las definiciones aristotélicas dadas es posible distinguir dos sentidos en el predicador 'elemento': el *sentido relativo* (referido a su opuesto 'especie compuesta'), que es equivalente al del término 'especie componente', y el *sentido absoluto*, sin opuesto, referido a su propiedad de especie no divisible.³³ El predicador 'especie compuesta', en cambio, es un término exclusivamente relativo, sin sentido absoluto. Lo mismo sea proporcionalmente afirmado de los términos restantes: 'substancia elemental', que admite un sentido relativo y otro absoluto, y 'substancia compuesta' (o su sinónimo 'compuesto'), que solamente admite un sentido relativo. Esto se advertirá con mayor detalle cuando tratemos brevemente la cosmología aristotélica.

Si se nos pidiera una reconstrucción más adecuada de los textos aristotélicos arriba citados, daríamos las siguientes definiciones:

- D12 Una substancia corpórea es de especie elemental si y sólo si es una substancia de especie tal que en ella se resuelven otras substancias de especies diferentes, y tal que ella misma no se resuelve (en cualquiera de sus sentidos) en substancias de especies diferentes.
- D13 Una substancia corpórea es de especie compuesta si y sólo si es una substancia de especie tal que se resuelve (en cualquiera de sus sentidos) en substancias de especies diferentes.
- D14 'Elemento' es un término sinónimo de 'especie elemental'.

En las D12 y D14 los términos 'substancia elemental' y 'elemento' o

'especie elemental' conservan ambos sentidos, absoluto y relativo, porque ello acontece en todos los textos aristotélicos citados hasta aquí. Tal inseparabilidad del sentido absoluto y el sentido relativo del elemento (como no fuere su separabilidad lógica) se matiza en su cosmología.

El término disposicional 'indivisible', presente en los textos citados arriba, ha sido evitado en las definiciones D12 a D14 a fin de conservar abiertas las mayores posibilidades de interpretación. Podremos mantener estas definiciones en su nivel de máxima generalidad, o bien especificarlas en otros sentidos que nos son más conocidos: en nuestra vida cotidiana, y también en la actividad científica, el par de términos 'divisible' - 'indivisible' mienta preferentemente el aspecto operativo o técnico de la resolución o análisis. Quien predica la divisibilidad o la indivisibilidad de un objeto, tácitamente la predica *relativamente* a una técnica o sistema instrumental desde la cual la división es posible o imposible. Por ello es que las definiciones aristotélicas podrían caracterizarse, de acuerdo con una difundida denominación, como "operacionales". Sin embargo el "operacionalismo" de las definiciones aristotélicas es mucho más moderado que el que luego encontraremos en la obra de LAVOISIER, por lo que creemos que las definiciones D12-D14, sin pretender ser una reconstrucción filológica, conservan aspectos esenciales que creemos advertir en ARISTOTELES: no solamente el aspecto "operacional" de sus definiciones, sino también su aspecto "material-analítico", es decir, el intento de ser una reconstrucción ortolinguística del uso relativo de los términos en cuestión. Que ARISTOTELES haya entrevisto la posibilidad intermedia de una interpretación teórica de sus definiciones (es decir, de la asignación de los predicadores de 'elemento', 'elemental', etc., en dependencia con una teoría dada de la organización del mundo de lo corpóreo) es un problema que no pretendemos resolver. En nuestra versión D12-D14 hemos querido mantener abierta esta posibilidad de interpretación en la medida en que es compatible (no entra en conflicto) con una interpretación habitual de los textos aristotélicos.

Las interpretaciones "operacionales" y las "teóricas" de estos términos son cosmológicamente neutrales, es decir, son tan compatibles con un

elementarismo como con un no-elementarismo cosmológico. Esto también es verdadero de su interpretación meramente "material analítica". Al proponer las D12-D14 hemos querido conservar fundamentalmente aquellas interpretaciones que deja abierta la lectura de las definiciones aristotélicas del elemento. Al considerar a continuación la cosmología de los elementos en ARISTOTELES, veremos que tal neutralidad cosmológica se esfuma, la coherencia del *Corpus* se resiente y aparecen los otros temas perennes de la discusión sobre los elementos cosmológicos: su número, su naturaleza y corrupciones. En definitiva el tema de si existen "substancias elementales absolutas" o de si sólo nos estará permitido contentarnos con un saber, eidético o hipotético, acerca de "substancias elementales relativas".

Los detalles de la teoría cosmológica de los elementos en ARISTOTELES no serán considerados aquí por diversos motivos: en primer lugar el tema escapa a nuestra competencia, de modo que nuestra única contribución sería de carácter docente - lo que no constituye nuestra tarea -; en segundo lugar en la literatura sobre las teorías cosmológicas de los elementos aristotélicos hay diversas interpretaciones y *quaestiones disputatae* y pocos acuerdos definitivos. Por lo tanto juzgamos más convenientes enviar al lector a algunos trabajos fundamentales para el conocimiento detallado del tema, como son los trabajos de A.P. BOS³⁴ y de G.A. SEECK³⁵, y conservar para nosotros una tarea más modesta: rastrear en las cosmologías aristotélicas sobre elementos de las substancias corpóreas aquellos aspectos epistemológicamente interesantes para la consideración contemporánea del tema en las ciencias de lo corpóreo. Creemos que varios temas interesantes pueden ser rescatados

34 35

En el tema de los "elementos cosmológicos" - y obviando las numerosas referencias al tema en otros tratados aristotélicos - se distinguen fundamentalmente dos cosmologías: la del *De caelo* y la del *De generatione et corruptione*. El *De caelo* es corrientemente considerado como la primera cosmología aristotélica, de carácter "materialista" tanto en teología como en

psicología: el "sóma" es muy importante, lo físico no se funda en substancias de orden inteligible más alto (lo que constituye una clara actitud antiacadémica), la "fýsis" es origen de todo movimiento (libro i, cap. 2), el "aithér" o quinto elemento es denominado "próte usía" y separado de los elementos "terrestres", en lo que parece una alternativa para la psicología platónica del *Tímeo*. Lo "divino" del cosmos y el hombre es el éter. Algunos temas típicamente aristotélicos, como su hilemorfismo, la entelequia y el motor inmóvil, están ausentes, e incluso se encuentran argumentaciones que parecen rechazar este último.

El tema de los elementos en *De caelo* es tratado "dinámicamente", mediante la teoría de los lugares y los movimientos naturales. En el *De generatione et corruptione*, en cambio, se encuentra la otra versión cosmológica de los elementos, donde es fundamental la caracterización "táctil" de éstos. La teoría de los elementos de esta obra aristotélica se encuentra en 330a30-b7, que con sus ampliaciones alcanza hasta 333a15.

Una de las características fundamentales de la cosmología del *De generatione et corruptione* consiste en que se admite que los elementos empédocleos pueden transformarse los unos en los otros, con lo que su carácter elemental absoluto se resiente. Sería entonces más apropiado hablar de 'elementos relativos' cuando nos refiramos al fuego, al aire, al agua y a la tierra. Estos serán elementos relativos a los compuestos de orden superior. Pero ellos mismos no serán elementales, en la medida en que, contra la definición precisamente aristotélica de elemento (cf. D12-D14 arriba), se pueden "resolver" en entidades corpóreas de especies diferentes. Sin embargo los elementos aristotélicos, si bien se pueden transmutar unos en otros (según la versión del *De generatione...*), no suponen elementos de orden más simple de los que se compongan, puesto que no ocurre, como en nuestro peculiar "particularismo" o "atomismo" contemporáneo, que cuando una partícula "atómica" en cierta teoría pasa a ser compuesta en otra, entonces aparecen nuevas partículas "atómicas" en la teoría más fina. En la biología celular pueden considerarse "elementos" a los distintos fenómenos estables de la estructura celular. Pero éstos ya no serán "elementos" en la biología molecular, donde sí lo serán aquellos ladrillos básicos en la construcción de

los ácidos nucleicos, como los grupos de purinas y pirimidinas (adenina, guanina, y citocina, timina y uracilo), el grupo fosfato, la ribosa y la deoxirribosa. Pero estos elementos de la biología molecular ya no lo serán en la química, donde aparecen los elementos clásicos de la clasificación periódica de MENDELEJEV. Los "elementos" de la clasificación periódica a su vez dejarán de serlo en la física atómica ya tradicional del siglo xx, donde los ladrillos de la realidad corpórea serán electrones, protones, fotones, mesones, hiperones, las "antipartículas" y, tal vez, el neutrino, etc. Los "elementos absolutos" en una teoría se tornan compuestos en teorías particulares de estructura "más fina", pero eso implicará, en el atomismo tradicional contemporáneo, que nuevos "átomos" independientes, reales o hipotéticos, sean admitidos como nuevos ladrillos en la construcción de los antiguos elementos.

Esto no ocurre con los elementos aristotélicos del *De generatione...* Su caracterización como "absolutos" o "relativos" es ambigua. Se puede decir que *no son absolutos* (lo que incitaría a pensar que son *relativos*) en el sentido que se generan y corrompen, pero a su vez *no son relativos* (lo que haría pensar que son *absolutos*) en el sentido que *no están compuestos de otros elementos*.

Esto nos muestra que los opuestos 'absoluto'-'relativo', al menos en este texto aristotélico, no son contradictorios, pues admiten la simultaneidad de sus contradictorios. Son subcontrarios, en la terminología aristotélica.

La posibilidad de la generación-corrupción elemental reposa, en la cosmología aristotélica del *De gen.*, no en la construcción atomística, sino en el paso de un opuesto al otro. Como es bien sabido cada elemento aristotélico se caracteriza por un par de cualidades que corresponden a las formas básicas de la sensibilidad táctil (según ARISTOTELES).³⁶ Así al fuego se corresponde el par de cualidades cálido-seco, al aire el par cálido-húmedo, al agua el par frío-húmedo y a la tierra el par frío-seco. Cada transformación se opera por el pasaje de una cualidad en su opuesta. Con ello el carácter circular de las generaciones y corrupciones de elementos queda asegurada de manera más perfecta que en el caso platónico, pero las cualida-

des de los elementos no son componentes (no pueden existir separadamente, no son sustancias) y por lo tanto el elemento no es un compuesto. Esto nos lleva a una peculiaridad lógica de los elementos: *no tenemos estrictamente una "definición" de su esencia en sentido aristotélico*. Es sabido que el arquetipo aristotélico de la definición esencial se compone de género y diferencia específica. En el caso de los elementos su presunta "caracterización" esencial consta, por así decirlo, de *dos diferencias y ningún género*, o bien de dos notas (subconceptos) individualmente necesarias y colectivamente suficientes³⁷, lo que permite su triple posibilidad de transformación, según se pase al opuesto de la primera "diferencia" o nota, al opuesto de la segunda, o simultáneamente al opuesto de ambas.

Una ambigüedad semejante a la aristotélica respecto del carácter absoluto o relativo de los elementos puede encontrarse en la cosmología del *Timeo*. Como hemos visto allí se da también la transmutación de un elemento en otros (aunque con mayores dificultades en cuanto a su racionalidad, como hemos visto en lo que se refiere al caso de la tierra respecto de los restantes elementos) en virtud del mito geométrico. Pero los triángulos que permiten las transmutaciones no pueden concebirse sin serias dificultades como "sustancias corpóreas" separables, con lo que la existencia de elementos "por debajo" de los cuatro empedóclicos es también poco admisible. En ambos autores tendríamos un elementalismo relativo de transmutación entre elementos, sin la hipótesis de un nuevo nivel elemental más fino, de los que los anteriores estuvieran compuestos. Esta parece ser una de las diferencias fundamentales de las antiguas cosmologías platónica y aristotélica con los elementalismos atomistas relativos que son habituales en nuestros días. Sin embargo esta diferencia no nos debe ocultar las dificultades lógicas que también dichos elementalismos contemporáneos presentan.

La cosmología aristotélica de los elementos es un sistema "con dos polos". En el *De generatione et corruptione* el "polo" teórico es el esquema de oposición según la génesis y la corrupción de elementos. En el *De caelo* el tema teórico fundamental es el movimiento.³⁸ Los pares de opuestos en

discusión en la primera cosmología aristotélica son "ligero"- "pesado", "arriba"- "abajo", o mejor aún "desde el centro"- "hacia el centro". Los elementos extremos se dejan caracterizan unívocamente por el movimiento, los elementos intermedios requieren además una caracterización por el lugar: el fuego se caracteriza por el movimiento "hacia arriba", el aire no, porque a su lugar se le pueden asignar dos movimientos: hacia arriba respecto del agua y hacia abajo respecto del fuego. El movimiento no permite ya ninguna caracterización unívoca.³⁹ La dirección del movimiento natural puede ser la misma, el "lugar" de destino puede ser diferente. Respecto del "arriba" y del "abajo" hay dos "lugares" en el sentido de "tópoi", pero respecto de la "teoría de capas" (*Schichtentheorie*) hay cuatro lugares en el sentido de "jóriai".⁴⁰

Frente al sistema de los cuatro elementos "sublunares" aparece en *De caelo* el subsistema del quinto elemento: el "éter". Como sus respectivos movimientos naturales lo muestran, ambos subsistemas son independientes. "La introducción del quinto elemento es entonces ya no más una demostración de la divinidad de los cuerpos celestes, sino que el quinto elemento es una hipótesis física que se muestra necesaria para poder explicar la peculiar conducta de los astros."⁴¹ Con la introducción del éter se torna sin sentido hablar de la "absoluta ligereza del fuego", y también la idea aristotélica de que el movimiento natural está dirigido hacia el lugar natural, en donde concluye, debe ser revisada, pues el éter se mueve eternamente. La solución se la debe buscar en las diferencias entre recta y círculo (según ARISTOTELES). Por un lado se distinguen tres movimientos: dos según la vertical y uno circular. Por el otro se introduce la tesis de la reducibilidad de toda curva geométrica, de toda trayectoria, a las líneas simples: recta y círculo (en lo que se muestra en germen la idea de las coordenadas esféricas).

Mediante esta reducción de todos los movimientos y trayectorias, los presuntos movimientos naturales se transforman en los movimientos posibles fundamentales o primitivos. El principio de que cada cuerpo posee ligereza o peso se limita al sistema de los elementos con movimiento natural vertical. El éter en cambio carecerá de generación y corrupción, durará eterna-

mente y no se articulará en el circuito de transformaciones mutuas de los restantes elementos físicos del *De generatione et corruptione*. Podríamos decir entonces que el éter es el *único elemento absoluto realmente tal* en ARISTOTELES. Por cierto todo cambio cualitativo y cuantitativo le estará excluído.

A pesar de sus esfuerzos de racionalización del elementarismo tradicional, el sistema de los elementos aristotélicos contiene aspectos irreducibles a formalismos. Las elaboraciones aristotélicas son para SEECK⁴² teorías *ad hoc* para justificar elementos tradicionales: el número y la determinación de los elementos es algo *dado*, la teoría de los movimientos simples del *De caelo* y la de los pares de propiedades opuestas del *De gen.* son intentos de explicación de lo dado a partir de un plano extraempírico. Los textos aristotélicos tornan muy razonable el carácter *ad hoc* de sus teorías defendido por SEECK.

Además de estos innegables esfuerzos aristotélicos de racionalización valoriza SEECK el intento aristotélico de alcanzar un sistema cosmológico común para los dominios terrestres y celestes.⁴³ Estos esfuerzos aristotélicos deben reconocerse en todo su valor, a pesar de lo insostenible de su cosmología en la actualidad, como también sus intentos de definición ya discutidos.

2.2.3. Teofrasto

Este, considerado el principal discípulo de ARISTOTELES, modifica la teoría de los elementos de su maestro eliminando el fuego. Recoge la ya tradicional opinión de que los elementos se transforman unos en otros, pero esto lo limita a los tres "más pesados", tierra, agua y aire. Los otros elementos no pueden ser "producidos", en cambio el fuego sí. Los otros elementos son autosubsistentes, no requieren un substrato; el fuego en cambio sí lo necesita. El fuego es *una forma de movimiento*, con lo que anticipa asombrosamente el núcleo teórico de la teoría cinética moderna de concebir el calor. El fuego no puede subsistir sin un material, sin "combustible". "¿Qué sentido tiene llamar principio al fuego, si no puede subsistir sin otro elemento?"

44

El fuego no es algo simple, ni puede existir antes que su substrato o su material. Si se argumenta que en la esfera más extensa hay una especie de fuego que consiste en puro calor y sin mezcla alguna, se puede contestar que si fuera así no podría arder, que es la naturaleza del fuego."⁴⁴

Del texto resulta claro que, para negar el carácter elemental del fuego, TEOFRASTO argumenta según el esquema que corresponde al silogismo hipotético que hoy denominamos '*modus tollendo tollens*', donde la premisa mayor hipotética tiene la forma: "Si el fuego es elemento, entonces es algo simple". La menor, resultado de un conocimiento empírico, consiste en el juicio sintético a posteriori a que se arriva mediante el examen de fenómenos ígneos: "El fuego no es algo simple." La conclusión será que el fuego no es un elemento. Es importante señalar el recurso a la descripción empírica para negar el carácter de simple del fuego, y en segundo lugar el ceñimiento tácito de TEOFRASTO a la definición aristotélica de elemento tal como la hemos dado en nuestra versión D12.

45

A menos que algún otro caso anterior existiera que nos fuera desconocido, éste parece ser el primer ejemplo en que la colaboración de enunciados empíricos básicos, una regla de inferencia lógica y la definición convenida de elemento permiten falsar al menos un aspecto de una teoría cosmológica, a saber, la teoría tradicional de los elementos, en especial el carácter elemental del fuego. Este es un buen ejemplo de falsación de una teoría en el sentido de POPPER.⁴⁵ Con TEOFRASTO se abriría el camino metódico para la falsación del carácter elemental de los "cuerpos simples" tradicionales, *falsación que reposa al menos en dos momentos a priori de la experiencia: la estructura lógica de la falsación y la definición aristotélica de elemento, que es una definición de carácter al menos material-analítico.*

2.2.4. Comentario

46

La idea de que los elementos son dioses parece remontarse al menos hasta TALES⁴⁶, aunque su origen es presumiblemente oriental: aparece en Persia, en el Mitraísmo, en el orfismo, en neopitagóricos y neoplatónicos. Pero también aparece en el *estoicismo*. En estos estupendos lógicos el procedi-

miento de falsación, que sintetiza lo a priori y lo a posteriori de la experiencia, está ausente. En su lugar reaparece el motivo religioso panteísta: *todos los elementos están formados por el divino fuego*. Se invierten así los resultados de TEOFRASTO: en aquél el fuego no es elemento, en éstos sólo el fuego merece llevar dicho nombre, a su vez divino y en sentido absoluto.

Sin embargo, y a despecho de las deficiencias de la cosmología estoica, la *definición* estoica de elemento cosmológico sigue sin alteraciones la tradición iniciada por ARISTOTELES y compartida por TEOFRASTO: los elementos *"son aquello a partir de lo cual son producidas todas las cosas que existen y en las cuales se resuelven finalmente todas las cosas."*⁴⁷

En la historia de la cosmología en primer lugar, y luego en la de la química, se repite con frecuencia el núcleo fundamental de la definición aristotélica de elemento. PARTINGTON así lo señala refiriéndose por ejemplo a las definiciones del PSEUDO-PLATON, o a MARSILIO FICINO, quien traduce al latín *"ex quo componuntur et in quod composita dissolvuntur"*, a BOYLE (*Sceptical Chymist*, 1661) y a Georg Ernst STAHL (*Fundamenta Chymiae Dogmatico-Rationalis et Experimentalis*, 1732-47).⁴⁸ A continuación nos ocuparemos del más importante de estos autores para el tornarse ciencia de la química.

2.2.5. Boyle

Robert BOYLE presenta - en su diálogo *Sceptical Chymist*, cuyos personajes son Carnéades y Eleutherius - los temas de la definición de elemento y de su realidad. Como en todos los casos anteriores mencionados persiste también en este autor la confusión entre elementos y cuerpos simples, y por lo tanto falta también la distinción entre las entidades substanciales corpóreas, reales y las entidades de razón abstractas. Sin embargo lo interesante del texto de BOYLE es la afirmación de la *compatibilidad de la definición de elemento, y de su uso teórico práctico, con la inexistencia de elementos* (o, en la terminología que hemos adoptado, la inexistencia de

substancias corpóreas de especie elemental). Con ello aparecerá más claramente el carácter normativo de dichas definiciones.

En razón de su interés citaremos, con cierta extensión, algunos fragmentos importantes:

49 (8) "...I am content...to tell you, that..., though it may seem extravagant, yet *it is not absurd to doubt, whether*, for aught has been proved, *there be a necessity to admit any element or hypostatical principles at all.*"⁴⁹

(El subrayado es nuestro.) Que tal duda es empero razonablemente compatible con el uso normativo de las definiciones de elemento y que, en la tarea de encontrar tales definiciones, no se encontraban mejores resultados que los principios o normas ya obtenidos por ARISTOTELES, es lo que se declara en el siguiente pasaje:

50 (9) "Which I consent to the rather, that my discourse may the better reach the tenets of the Peripatetics;..."⁵⁰

La definición-normativa sigue un poco después, aunque con la reserva de que la norma no exige aceptar ninguna clasificación hasta entonces propuesta de elementos. Con ello avanza BOYLE mucho más lejos, por la senda iniciada veinte siglos atrás por TEOFRASTO, en su crítica al elementarismo de las cosmologías tradicionales:

51 (10) "And, to prevent mistakes, I must advertise you, that I now mean by elements, as those chymists, that speak plainest, do by their principles, certain primitive and simple, or perfectly unmingle *bodies*; which not being made of any other bodies, or of one another, are the ingredients, of which all those called perfectly mixt bodies are immediately compounded, and into which they are ultimately resolved: Now whether there be any one such body to be constantly met with in all, and each of those, that are said to be elemental bodies, is the thing I now question."⁵¹

Hemos subrayado la palabra '*bodies*' para señalar la persistencia del carácter corporal de los elementos en la concepción de BOYLE, persistencia que se funda en la ausencia de claridad lógica en el planteamiento del problema y que se arrastra desde los inicios de su planteamiento.

Al texto anterior sigue el cuestionamiento del carácter elemental de ciertas sustancias consideradas tales en su época. Pero después enumera argumentos de los que se pueden aducir en favor de la existencia de sustancias de especie elemental:

(11) "Now the considerations, that induce men to think, that there are elements, may be conveniently enough referred to two heads: namely, the one, that it is necessary, that nature make use of elements to constitute the bodies that are reputed mixt. And the other, that the resolution of such bodies manifests, that nature had compounded them of elementary ones."⁵²

El argumento en contra de la existencia de sustancias elementales - que es sostenible - está en BOYLE más bien dirigido a cuestionar el carácter elemental de ciertas sustancias de su tiempo, las que, sometidas a una consideración más atenta, conducirían a consecuencias ridículas.⁵³

La definición de 'elemento' de BOYLE, que como hemos visto contiene las mismas dificultades lógicas que las definiciones aristotélicas por la indistinción entre sustancia elemental y especie elemental, manifiesta en cambio en forma clara su carácter *normativo* en lo que hace al uso de predicadores y, en razón de estar dirigida a una comunidad científica, un carácter *estipulativo*. Estas normas son al menos de carácter *material-analítico*, según explicáramos en el párrafo 1.2.v. Si dichas propuestas de normas son aceptadas en una comunidad científica, entonces adquieren el valor de prohibiciones, obligaciones o permisos, según el caso, para el *uso relativo* de predicadores dentro de un sistema de éstos. Un uso esencial de las definiciones normativas de esta naturaleza (material-analítica) es la de establecer criterios para admitir a algo como siendo de determinado gé-

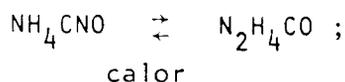
nero o especie.

Además del sentido general de norma analítica-material, podemos dar a la definición de BOYLE, ya un carácter *teórico*, ya un carácter *operacional* (o *teórico-práctico*, o *experimental*) si consideramos la expresión 'en los cuales aquellos cuerpos mixtos llamados perfectos se resuelven últimamente' como refiriéndose a un "resolverse" teórico, en el sentido de no deducirse su imposibilidad en el marco de una teoría vigente, o bien como un "resolverse" como resultado de una sucesión normada de operaciones técnicas fundadas en una teoría, y no como refiriéndose a un "resolverse" meramente espontáneo.

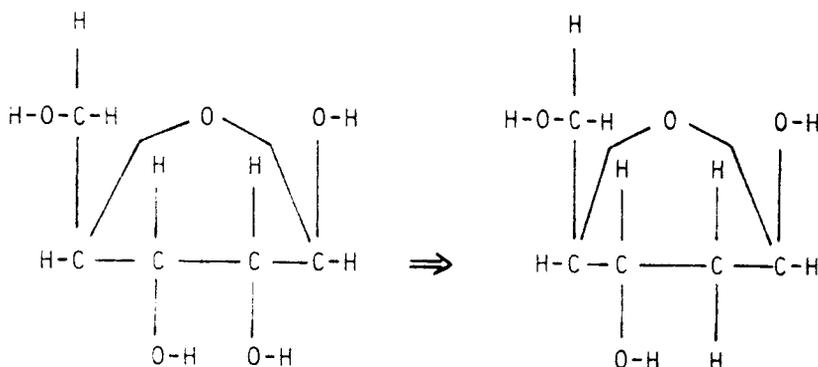
De manera semejante a lo que aconteciera con las definiciones de ARISTÓTELES, cuando dejamos abiertas todas las posibilidades de interpretación, surge también aquí una tríada de definiciones posibles de 'elemento': (1) en el sentido más general de norma material-analítica, (2) en el sentido más restringido de una norma relativa a una teoría química determinada, también de naturaleza material-analítica, y (3) como una norma (o sistema de normas) experimental u operacional, cuya naturaleza podrá ser ya diferente, a saber, del tipo *material-sintético* que consideráramos en el párrafo 1.2.vi. Todos estos sentidos son independientes de toda tesis metafísica o cosmología acerca de la existencia o inexistencia de sustancias de especie elemental.

En el fragmento (10) de BOYLE encontramos otras dos nociones importantes, a saber, las de *combinación* y de *transformación química*, concepto este último más universal que el primero y que corresponde al sentido de la expresión inglesa '*chemical change*'. La traducción del texto de BOYLE dice: "...que no estando hechos de otros cuerpos, o de algún otro..." En aras de la claridad permítasenos modificar la versión de la siguiente manera: "...que no *proviene* de otros cuerpos, o no *proviene* de otro..." El *provenir* de otros cuerpos mienta la combinación y el compuesto químico, en tanto que el *provenir de otro* lo interpretaríamos hoy en el sentido más amplio de transformación química en tanto cambio de la forma, de la estructu

tura interna de la materia, como es el caso de las transformaciones de tantos compuestos, específicamente diferentes, pero con los mismos componentes. Téngase como ejemplo la transformación química reversible entre cianato de amonio y úrea:



o bien la transformación de FRIES, o bien transformaciones en las que hay modificación de la fórmula, pero el punto de partida consta de un solo compuesto, como es el caso de la transformación de la ribosa en deoxirribosa:



Téngase en cuenta que en este caso consideramos sólo un subsistema de una transformación química de tipo más general, de la forma $a_1, \dots, a_i, \dots, a_n \rightarrow b_1, \dots, b_j, \dots, b_m$. El subsistema sería del tipo $a_i \rightarrow b_j$. Un tratamiento formal más detallado debería abordarse en un trabajo específico acerca de transformación y combinación química, en lo posible de índole histórico-crítico.

Otros casos importantes de transformación química que ejemplifican el concepto adelantado por BOYLE serían las transformaciones entre estados alotrópicos como los del azufre y el fósforo. Pero no podemos dejar de observar que el concepto introducido por BOYLE da también un marco teórico adecuado para explicar la generación y corrupción de los elementos de PLA-

TON y ARISTOTELES: serían dos casos particulares de "cambios químicos". En nuestro siglo podríamos engrosar estos fenómenos con las transformaciones substanciales que son consecuencia de fenómenos radioactivos, pero con ello pisamos un campo cosmológico que habitualmente se considera como trascendente a lo estrictamente químico.

2.2.6. Lavoisier

54

En la obra maestra de este autor, sus "elementos de química"⁵⁴, se elimina expresamente todo capítulo acerca de las "partes elementales de la materia" (p. xxii). Para LAVOISIER la inclinación a reducir todos los cuerpos de la naturaleza a tres o cuatro elementos procede de un prejuicio de los filósofos griegos. La química es definida como *filosofía experimental*. Este carácter es el que condujo a los primeros químicos experimentales a reconocer nuevos elementos, como por ejemplo la sal (sic) y el azufre, etc. (p. xxiii).

Los textos de Lavoisier son de una claridad excepcional, como vemos en el siguiente pasaje:

- (12) "Todo lo que puede decirse acerca del número y la naturaleza de los elementos está, en mi opinión, confinada a discusiones de naturaleza enteramente metafísica. El tema nos proporciona sólo problemas indefinidos, que se pueden resolver de mil maneras distintas, ninguna de las cuales, con toda probabilidad, conviene a la naturaleza. Por lo tanto sólo añadiré sobre el tema que, *si con el término elementos queremos significar aquellos átomos simples e indivisibles de que se compone la materia, es extremadamente probable que no conozcamos nada acerca de ellos: pero si aplicamos el término elementos o principios de los cuerpos para expresar la idea del último punto que es capaz de alcanzar el análisis, debemos admitir como elementos a todas las substancias a las que somos capaces, por cualesquiera medios de reducir a los cuerpos por descomposición. No es que estemos habilitados para afirmar que estas substancias, que consideramos simples, no puedan estar compuestas de dos, o aún de un mayor número de*

principios; pero puesto que estos principios no pueden ser separados, o mejor, puesto que hasta ahora no hemos descubierto los medios para separarlos, ellos se presentan respecto a nosotros como sustancias simples y jamás debemos suponerlos compuestos hasta que el experimento y la observación los hayan probado ser tales."⁵⁵

En el comienzo del párrafo hay un claro rechazo de todo "compromiso metafísico" acerca de la realidad o irrealidad de las sustancias elementales, con un dejo que nos recuerda, para el problema de los "elementos cosmológicos", el uso ilegítimo de la razón pura según la expone KANT en su primera *Crítica*, especialmente en lo que atañe a la segunda antinomia de las ideas trascendentales (KrV, B 301-7).

Pero además la caracterización de los elementos en el texto citado no se hace mediante la introducción de una norma material-analítica general, la que luego puede adquirir una interpretación teórica (por referencia a una determinada teoría cosmológica o química, según el caso) y/o una interpretación operacional o técnica, como vimos que era posible hacerlo en el caso de ARISTOTELES y en el de BOYLE. (Por cierto, puede recordarse que, desde un punto de vista lógico, tal norma material-analítica general queda *a fortiori* implicada por una norma más exigente de nuestro autor.) Lo que en LAVOISIER encontramos es una norma teórico-práctica o experimental, que tiene un claro sentido material-sintético (cf. párrafo 1.2.vi): para LAVOISIER algo es elemento si, respecto del saber teórico-práctico actual, existe un método suficiente para alcanzarlo por análisis, y no existe (actualmente) ningún método para obtener, de ese algo, otro algo más simple que sea "ingrediente" del primero. En este sentido la caracterización de elemento químico de LAVOISIER es la más "moderna", pues manifiesta explícitamente la determinación teórico-experimental del concepto de elemento.

De lo dicho por LAVOISIER en el texto (12) parece desprenderse una consecuencia aún más fuerte: la insistencia en la técnica de análisis, suficiente y repetible, como criterio para otorgar el carácter de sustancia elemental o compuesta a una entidad química nos lleva a preguntarnos si se podría reconocer como elemento a una entidad química que *deducimos* de una

teoría, pero para la cual (aún) carecemos de una técnica suficiente de identificación y de análisis. La respuesta de LAVOISIER ínsita en (12) parece claramente negativa: allí se requiere una técnica suficiente de análisis. Quien fuera totalmente fiel a dicha definición operacionalista y hubiese tomado conocimiento en 1870 de la clasificación baroatómica de MENDELEJEV (1869), habría debido rechazarla por los "elementos teóricos" que contenía. En efecto, cuando se disponían los elementos conocidos según sus pesos atómicos relativos, aparecía una sucesión de recurrencias periódicas de cualidades, disposiciones, etc., pero también (y para conservar la rigurosidad de los períodos) era menester suponer la "existencia" de elementos desconocidos, para los cuales era posible deducir sus propiedades y disposiciones físicas y químicas más importantes. Tres huecos en la tabla se hicieron especialmente famosos, pues no pasó mucho tiempo hasta que se los identificara con sorprendente aproximación entre los valores experimentales y los valores teóricos de las distintas variables: en 1875 se descubría el galio (Ga) entre el Zn y el As con peso atómico 70; en 1879 el escandio (Sc) entre el Ca y el Ti con peso atómico 45, y en 1886 el germanio (Ge) entre el Ga y el As con peso atómico 72. Difícilmente se hubiera identificado tan rápidamente substancias elementales correspondientes a dichos elementos teóricos, si la comunidad científica no hubiese aceptado, al menos parcialmente, la *necesidad* de su existencia *relativa* a la teoría ínsita en la clasificación baroatómica de MENDELEJEV.⁵⁶ La aceptación de elementos puramente teóricos es suficiente motivo como para intentar perfeccionar los métodos de identificación y de análisis, a fin de hacer "prácticamente alcanzables" (en el sentido M_p^1 , cf. el párrafo 1.3.) a las substancias elementales cuya especie coincidiera con la de los elementos teóricos.

Según el citado texto de LAVOISIER tal criterio teórico sería inaceptable, pues el límite para el reconocimiento de elementos no es la teoría química, sino la práctica química suficiente. Esto nos pone en la pista de que son posibles varios *conceptos complementarios* de elemento químico, como ya adelantáramos al considerar los casos de ARISTOTELES y de BOYLE: desde el criterio material-sintético más exigente de LAVOISIER (criterio oper-

racional o teórico-práctico), hasta el criterio material-analítico general, pasando, entre otras variantes posibles, por el criterio teórico a la manera de MENDELEJEV. Es de conjeturar que el criterio más exigente suele funcionar como una traba en la ciencia, siendo poco fértil para la investigación. Otros criterios más débiles, como los teóricos, pueden resultar más fructíferos.

Sin embargo la caracterización de elemento de LAVOISIER no es siempre tan estricta como el pasaje recientemente citado. Consideremos otro donde su estrictez se morigera:

(13) "De este modo, como la química avanza hacia la perfección, dividiendo y subdividiendo, es imposible decir donde acabará; y aquellas cosas que al presente suponemos simples pueden ser consideradas pronto totalmente de otro tipo. Todo lo que podemos osar afirmar de cualquier substancia es que debe considerarse como simple en el presente estado de nuestro conocimiento, y en la medida en que el análisis químico ha sido capaz hasta aquí de mostrarlo. *Incluso podemos suponer que las tierras deben pronto cesar de ser consideradas como cuerpos simples; ellas son los únicos cuerpos de la clase salificable que no tienen tendencia a combinarse con el oxígeno; y yo estoy muy inclinado a creer que esto procede de que se hallan ya saturadas con ese elemento.* Si así fuera, pasarían a ser consideradas como compuestos consistentes de substancias simples, quizá metálicas, oxidadas hasta cierto grado. *Esto es sólo arriesgado como una conjetura; y yo confío en que el lector tendrá cuidado en no confundir lo que he relatado como verdades fundadas sobre la base firme de la observación y el experimento, con meras conjeturas hipotéticas.*"⁵⁷

En la mayor parte del texto reproduce LAVOISIER su concepción más exigente de "elementariedad" ya reconocida en el pasaje (12), que hemos considerado aquí como el criterio operacional o teórico-práctico fundado en normas material-sintéticas. Pero en la parte subrayada se encuentra un singular

apartamiento de dicha concepción, apartamiento tímido, como que al autor ya le parece demasiado osado, según señala a partir del último fragmento subrayado.

Es interesante empero señalar que, a pesar de sus hesitaciones, los posibles elementos desconocidos de LAVOISIER no son meramente posibles, sino que configuran *posibilidades fundadas en algunas reflexiones teóricas accesibles para los químicos de su tiempo*, como la propia argumentación del autor del siglo xviii lo atestigua. Tales elementos desconocidos serían en aquel entonces *posibles en sentido teórico*, o tal vez incluso posibles en sentido práctico de segunda especie (cf. 1.3), puesto que "los límites del análisis se han ampliado grandemente por descubrimientos modernos."⁵⁸

Un párrafo aparte merece la siguiente expresión de LAVOISIER en el párrafo (12): 'por cualesquiera medios'. LAVOISIER no podía prever entonces que aquella ciencia de su tiempo que habitualmente denominamos física se desarrollaría tan vertiginosamente y que desde fines del siglo anterior adoptaría y desarrollaría técnicas de análisis, utilizando medios siempre más complejos y de creciente energía. La física "atómica", o la física de partículas, desarrollaron como propios novedosos procesos de análisis en su búsqueda incesante de nuevas partículas y nuevos métodos de identificación de sustancias, como la espectroscopía, el espectrógrafo de masas, los métodos de difusión gaseosa, de ultracentrifugación, etc. Pero por otra parte el "análisis", en cualquiera de sus formas experimentales, era un tipo de operación tradicionalmente considerada como perteneciente a la química (la física clásica, en todas sus formas, no se ocupa del análisis de lo corpóreo en una búsqueda de los "elementos" de la materia, sino de problemas de estática y dinámica en los dominios de lo rígido y de lo fluido, de problemas de óptica, de calor, y luego de electricidad y magnetismo). Al tener la física métodos de análisis, y al no poner LAVOISIER límites para los métodos químicos y los métodos físicos de análisis, y por el contrario al insistir en la expresión 'por cualesquiera medios', se desvanece al menos en este aspecto la demarcación entre química o física y se favorece

la absorción de la primera en la segunda (químico-física).

Algunos podrán considerar a esta interpretación del texto de LAVOISIER como un anacronismo, y en efecto lo es. Pero ¿no sería precisamente ese anacronismo lo realmente interesante?, pues ante el desvanecimiento del límite interciencia el problema de la demarcación se agudiza.

El desvanecimiento de las demarcaciones interciencia es un fenómeno sumamente extendido en la actualidad. No trataremos aquí ese tema. Sólo queremos insistir en que, existan o no existan esas demarcaciones entre las ciencias mencionadas, *lo que sean los elementos y las sustancias elementales*, más allá de su caracterización material-analítica general, *dependerá de las teorías o los modelos respecto de los cuales se determinen, y también de las técnicas experimentales, completas o no, de que se disponga*. A diferentes disciplinas científicas pueden corresponder diferentes conjuntos de elementos teóricos o experimentales (ambos conjuntos no tienen por qué ser idénticos, aunque toda teoría o modelo "aceptable", es decir adecuadamente corroborado, debe ser tal que el conjunto de los elementos teóricos incluya al conjunto de los elementos experimentales, como veremos con más detalle en el próximo capítulo). Como es claro tales determinaciones de elementos y sustancias elementales son independientes de todo "compromiso metafísico".

Otros dos aspectos son rescatables del pasaje (13), aunque no estén directamente conectados con el tema que nos ocupa. El primero, relativo al progreso de la ciencia química, muestra la importancia que asignaba LAVOISIER fundamentalmente al progreso en la dirección analítica. En este pasaje no se menciona la dirección opuesta, sintética, cuya importancia en el desarrollo posterior de la química no fue menor, ni en fertilidad teórica, ni en aplicaciones prácticas.

El segundo aspecto se refiere a la teoría general de la ciencia. LAVOISIER desconfía de "conjeturas hipotéticas", en consonancia con la exigencia de experimentación por un lado y de "verificación" por el otro. Empero el progreso de las ciencias requiere el concurso de "conjeturas" en la medida en que se trascienda el dominio de lo verificable, según hemos

visto en el párrafo 1.2. El fragmento de LAVOISIER es una corroboración de lo dicho: a pesar de su desconfianza y de sus hesitaciones ante las "hipótesis", se ve obligado a dar una hipótesis teórica bastante elaborada acerca de la naturaleza de algunos elementos desconocidos. La hipótesis como motor del descubrimiento está presente aun en quien desconfía de ella.

2.2.7. *Otros*

El desarrollo posterior del problema de los elementos, desde DALTON en adelante, es más conocida por los contemporáneos y no es excesivamente generoso en lo que concierne a reflexiones acerca de la definición del término 'elemento', sea en su sentido químico, sea en su nascente sentido físico. En este aspecto la gran tarea de los siglos xix y xx ha sido más bien determinar el número y las características precisas de los elementos, construir teorías adecuadas para estos y, finalmente, definirlos respecto de las teorías construídas. En las líneas siguientes daremos un breve esbozo de los pasos fundamentales en el desarrollo de la teoría atómica, que es la que asume el problema de los elementos en el siglo xix, y a continuación rozaremos la contribución de tres autores: Humphry DAVY, William CROOKES y William RAMSAY, en lo que respecta a la definición de nuestro término.

El átomo, desde antes de DALTON, requiere en forma cada vez más clara la adopción de una estructura dinámica tal que, a distancia, presente una fuerza de atracción de legalidad análoga a la de los campos gravitatorios y eléctricos, pero que en la "cercanía" se invierta y de lugar a una fuerza de repulsión.⁵⁹ No obstante los problemas dinámicos que se planteaban la tendencia atomística era creciente y conservaba e interpretaba a su manera la ya tradicional opinión de que existían ciertas substancias elementales que no podían ser analizadas en otras más simples y específicamente diferentes. Las ideas ciertamente novedosas que el atomismo de DALTON introduce en la teoría química son las siguientes:

- (a) que podía haber diferencias de tamaño y masa entre las partículas atómicas (1835):

- (b) que dos partículas de la misma especie eran absolutamente idénticas entre sí (salvo en sus coordenadas espacio-temporales), como si hubieran sido hechas en una fábrica en serie con la mayor precisión
- (c) Los átomos se hallan unidos en los compuestos químicos, para formar sistemas de átomos que hoy llamamos moléculas, a la manera en que las partes forman un reloj.
- (d) Los átomos son los ladrillos del universo: la variedad de substancias naturales se explica por la diversidad de las formas de composición de unos átomos elementales con otros.
- (e) El problema científico fundamental en este terreno es nuevamente el de "disecar las moléculas": el énfasis por el análisis retorna.⁶⁰

Es interesante señalar que la identidad absoluta (salvo espacio y tiempo) postulada entre los átomos de la misma especie rebasa las "posibilidades prácticas" de cualquier naturaleza, pues está más allá de las aptitudes humanas la fabricación de lo idéntico más allá de todo error. La posibilidad teórica permanece empero: no es necesaria teóricamente la negación de la identidad de masa o medida. Aquí parece encontrarse una importante discrepancia con el antiguo atomismo, donde prácticamente no interesa la identidad de los átomos específicamente iguales. Este platonismo moderno se conserva hasta nuestros días: es difícil imaginar un físico que dudara de la identidad de masa, carga, spin, de un electrón, protón, etc., como no sea por efectos relativistas, que empero son idénticos para todos, como lo es la "pérdida de masa durante la fusión", por ejemplo, del átomo de He.

Después de DALTON fue quizá Amedeo AVOGADRO, abogado, filósofo y profesor de física y matemática en Torino, quien logró una mejora substancial en la estructura hipotética de la teoría atómica de comienzos del siglo anterior. La teoría atómica de DALTON había cumplido su tarea de ordenar la creciente masa de información química y hacer predicciones satisfactorias, pero las dificultades no se habían hecho esperar. Para superar estas últimas introduce AVOGADRO dos hipótesis fundamentales:

- (a) El volúmen de cada partícula de un gas es el mismo bajo las mismas condiciones de presión y temperatura.
- (b) Las partículas elementales no son átomos individuales, sino pares (o

ternas) de átomos: H_2 , O_2 , Cl_2 , etc. A estas partículas elementales AVOGADRO denominó 'moléculas', término que luego se generalizó para todos los compuestos químicos.

La hipótesis de la identidad de volumen dió lugar al cálculo del número de moléculas contenidas en un "mol" de materia, número que hoy conocemos con el nombre de 'número de Avogadro'. El camino hacia la teoría cinético-molecular de los gases y el calor, todavía lejana, había sido abierto. La molécula, hipótesis de AVOGADRO aún en el caso de los átomos elementales se matizará con el descubrimiento por CANNIZZARO (1860) de la existencia de 'moléculas monoatómicas', como es el caso del Hg. La molécula es considerada como el mínimo de materia necesario para formar un cuerpo de determinada especie y el átomo como el mínimo de materia elemental que interviene en una combinación química. La continuidad con la antigua idea de los mínimos naturales es evidente, pero ahora se abre la posibilidad experimental de *medir* esos mínimos naturales atómicos y moleculares.

El elementarismo químico atomista encuentra otra culminación con la aparición de "clasificaciones periódicas" fundadas en la recurrencia de propiedades. La primera clasificación periódica parece haber sido la de NEWLANDS (1863), quien fue el primero en advertir que entre el Li y el F habían elementos a los que correspondían otros elementos similares ocho pasos más allá en la lista barométrica. Una generalización de estos resultados será la clasificación barométrica periódica de Dimitri MENDELEJEV (1869), es decir, una tabla de los elementos ordenada por los pesos atómicos, con recurrencias periódicas de las que ya dijéramos algo al considerar el caso LAVOISIER. La mejora teórica fundamental se encuentra en Julius THOMSEN (1895), quien, aparte de su clasificación aún baroatómica con períodos que comienzan con un metal alcalino univalente y terminan en un halógeno univalente, encontró razonable que cada período debiera terminar con un elemento de valencia cero, elementos que naturalmente serían muy difíciles de identificar por su inercia química (su incapacidad para formar compuestos). Sin embargo ya en 1895 RAYLEIGH y RAMSAY aíslan el Ar. El paso siguiente fue el abandono del criterio baroatómico, por las dificultades que ofrecía a la periodicidad de propiedades y disposiciones, y su reemplazo por el nuevo criterio, aún

vigente, del número atómico.

A partir de MENDELEJEV se propagó crecientemente la idea de que los átomos estaban compuestos de partículas subatómicas. Uno de los criterios fue el de considerar al H como ladrillo atómico (William PROUT), aunque otros físicos, como DUMAS y MARIGNAC, concibieron alguna partícula de masa aún menor. La dificultad provenía de que las masas atómicas no se expresaban en general en números enteros respecto de la masa del H. El mismo MARIGNAC concibió la arriesgada hipótesis de que, por razones desconocidas, el átomo de hidrógeno al fusionarse perdía una fracción de su masa. Esto constituía en su momento una típica hipótesis *ad hoc* para salvar a la teoría de su falsación, y era asumida sin apoyos experimentales.

Otro caso de hipótesis *ad hoc* para evitar la falsación fue la hipótesis de CROOKES, quien supuso que aquellos elementos cuyo peso atómico se alejaba mucho de un número entero (como el Cl; 35,46) eran una mezcla de átomos de iguales propiedades químicas (igual número atómico) pero diferente masa (peso) atómico. Esta hipótesis, que separaba valencia y masa, no hallaba soporte experimental.⁶¹ Solamente el tiempo otorgaría soporte teórico y experimental a las hipótesis de MARIGNAC y de CROOKES. Aquí son ellas sólo un ejemplo acerca de cómo el progreso de las ciencias no se realiza necesariamente por el camino de la falsación, ni según la moral teórica que manda evitar a toda costa la introducción de hipótesis *ad hoc* no falsables - según el esquema metodológico de POPPER -, sino que muchas veces la hipótesis transitoriamente no falsable que "salva" la teoría puede tener un papel importante en el progreso científico.

Es interesante también que algunos isótopos tienen propiedades radioactivas: si éstas no se consideran propiedades químicas, entonces la radioactividad será una propiedad física, con lo que ganaríamos dos cosas:

- (a) Dicha regulación material-analítica (convencional) del uso de los predicadores 'propiedad química' y 'propiedad física' permitiría establecer un criterio de demarcación entre física y química.
- (b) Al no ser así *relevantes* para la química las propiedades isotópicas; diferenciales, entonces todos los isótopos que caen bajo el mismo número atómico serán *substancias de la misma especie química elemental*,

en tanto que para la física dos isótopos diferentes serán en realidad dos sustancias "elementales" diferentes (el término 'elementales' va entre comillas porque en realidad ni siquiera los isótopos suelen considerarse elementos en física, como no fuera como elementos relativos, sino más bien las partículas subatómicas).

Creemos que la regulación material-analítica del uso dialógico de los predicadores corresponde bien a la práctica de ambas ciencias y constituye un criterio de demarcación razonable, a pesar de las inevitables regiones de ambigüedad y de la inevitable dosis de arbitrariedad.

Poco antes de morir escribe Humphry DAVY, en su diálogo sobre los átomos, la siguiente definición de 'elemento':

(14) "I cannot demonstrate to you what are the true elements of things; but I can exhibit to you those substances, which, as we cannot decompose them, are elementary for us:...there is every reason to suppose that our powers of chemical decomposition have not yet reached their ultimatum...The test of a body being indecomposable is that in all chemical changes it increases in weight."⁶²

62

Esta definición de 'elemento' de DAVY es sin duda operacional, o teórico-práctica en el sentido experimental que le hemos dado. Por su énfasis en el aspecto práctico de la descomposición es solidaria con la de LAVOISIER (12), aunque no tan extremadamente dependiente de las técnicas de análisis efectivamente alcanzadas. DAVY prosigue de otro modo - con un acentuado matiz operacionalista - la línea definicional comenzada por ARISTOTELES. Como señala KNIGHT, aún un siglo después se encuentra esta definición en autores como OSTWALD.

La última parte de la cita (14) es muy interesante porque da un criterio experimental para determinar cuándo se puede predicar el carácter elemental de una sustancia química: cuando en todo cambio químico el producto resultante tenga un peso molecular mayor, diríamos hoy. El criterio

es interesante, pero falso, como se ve en el caso tan simple del oxígeno molecular O_2 durante el cambio químico que da agua H_2O , con lo cual pasamos de un peso-molecular-gramo de 32 a uno de 18. Por cierto, si con la expresión de DAVY se quisiera decir que si tomamos un mol de O y le agregamos 2 moles de H , el resultado químico final de la combinación - los dos moles de H_2O - pesará 36 g., entonces habría que darle la razón. Pero si interpretamos el "aumento de peso" como una medida entre el peso de un mol de la sustancia elemental y de un mol de la sustancia resultante, entonces no podemos darle la razón. La expresión de DAVY, útil como primera aproximación, debe ser matizada.

El reconocimiento de la "barrera" experimental en la búsqueda de elementos, y al mismo tiempo su insatisfacción, es señalado por CROOKES, quien ansía traspasar la barrera de los elementos químicos para que al fin esta ciencia alcance su "organizada unidad". Tales elementos químicos, con su multiplicidad, le parecen extraños acertijos. Todas las definiciones de 'elemento' le parecen a CROOKES insatisfactorias, porque "dependen de las limitaciones del poder humano".⁶³ Sin embargo esta crítica a las definiciones de la tradición cosmológica-química es en realidad aplicable - si es que hay que ver como un defecto a dicha limitación humana - en especial a la versión operacionalista decidida de LAVOISIER. Las definiciones material-analítica general y material-analítica teórica no sucumben a dicha presunta crítica. Es natural que el hombre padezca sus limitaciones gnoseológicas y en otros tantos órdenes, pero no tiene más remedio que aceptarlas... y preparar una teoría crítica del conocimiento científico que intente fijar con la mayor acuidad los límites de uso correcto de la razón pura.

La creciente insatisfacción con las clásicas definiciones de elemento - en última instancia de origen aristotélico - desembocan, según algunos autores, en la situación de hecho de su rechazo y su reemplazo por definiciones "modernas" de elemento que rigen en la actualidad.

El elemento "químico" se define actualmente por el número de protones en el núcleo atómico, es decir, en términos de "número atómico" y no en tér-

64
minos de los límites (experimentales) del análisis. RAMSEY fue quizá el primero que se aproximó a esta solución, aunque sus "determinantes" de los elementos fueran los electrones y no los protones. Y no los electrones de valencia, sino los que se encontraban en el interior del átomo. Con RAMSEY nos encontramos ya en los albores de una nueva teoría elemental: la que con su "elemento" electricidad y su concepción del interior del átomo prevé la trasmutación atómica o elemental⁶⁴, con lo que volvemos a la vieja idea platónico-aristotélica (y a los sueños de la alquimia). Pero también, si nos ajustamos a la definición de elemento químico como determinado por el número atómico, entonces es claro que ni los isótopos serán otra cosa que "variantes" desde el punto de vista químico, ni las partículas subatómicas serán "elementos relativos" respecto de la teoría química. La demarcación entre química y física aparece también en este respecto como razonable.

2.2.8. Reflexiones sobre el desarrollo histórico esbozado

Un párrafo aparte merece el presunto desplazamiento de la vieja definición aristotélica del término 'elemento'. Creo que la discusión general del tema no advierte, en primer lugar, que el problema epistemológico no consiste en preguntarse cuál es la definición de elemento (cosmológico, físico, químico, biológico, etc.), sino en preguntarse cuáles son los *criterios* de definición de que disponemos. Su examen nos ha mostrado que no hay *un* criterio, sino al menos *tres*, y que no hay razones para rechazar a unos para elegir a otros. Además los criterios están imbricados en relaciones lógicas de comprensión creciente y extensión no creciente (y habitualmente decreciente). A esto agréguese que la relación epistemológica (los criterios de verificación de los enunciados que afirman el carácter elemental de una sustancia) va desde los enunciados material-analíticos hasta los material-sintéticos en el caso de las definiciones operacionales.

Por lo tanto el problema consiste más bien en elegir el criterio de verificación que se usará y, una vez asertado el carácter elemental de una sustancia, decir en cuál de los sentidos se está afirmando dicho carácter.

En este sentido no se puede hablar de una suplantación de los crite-

terios tradicionales de elementariedad, sino sólo de una preferencia y un acostumbamiento a una definición de "elemento químico" que depende de una teoría físico-química determinada y que se funda en el número atómico o número de protones de un átomo.

Agréguese a esto que se habla de la suplantación de una definición operacional o experimental por una definición teórica. Por una parte hemos visto que estos son dos criterios que no tienen por qué colidir ni reemplazarse, sino que pueden coexistir y efectivamente coexisten. En segundo lugar la definición teórica contemporánea basada en el número atómico, es una definición teórica más, tan conjetural como las definiciones cosmológicas de PLATON y ARISTOTELES por ejemplo. Puede llegar el momento en que dicha definición teórica contemporánea resulte inadecuada. En cambio los tres criterios de definición que hemos descrito seguirán siendo vigentes. Las definiciones teóricas pasan, los criterios material-analítico, teórico y operacional permanecen. Rechazar *un criterio* y adoptar *una definición teórica concreta* es hacer una confusión y un pésimo cambio epistemológico: es preferir lo perecedero a lo perenne.

Unas palabras más deben decirse de la relación entre los tres criterios que hemos expuesto. Hemos dicho que si una substancia es elemental en sentido material-sintético (operacional o experimental), entonces lo será en sentido material-analítico teórico; y si lo es en este último sentido, lo será también en sentido material-analítico general. Esto se debía a que, por un lado el criterio material-analítico general es el único libre de teoría cosmológica, física, química, etc.: es de teoría nula. Por otra parte hemos considerado que el saber teórico-práctico p contiene un saber teórico "puro" q (si q se refiere a teorías científicas y no a teorías filosófico-naturales). Esto nos da la relación de inclusión entre los tres saberes, el nulo ϕ , q y p :

$$\phi \subset q \subset p,$$

una de cuyas consecuencias será que el conjunto de los elementos teórico-prácticos respecto de p estará incluido en el conjunto de los elementos teóricos "puros" respecto de q . Recuérdese el caso de los elementos teóricos de MENDELEJEV y las críticas de un partidario de la definición exclusivamente operacionalista de LAVOISIER. La inversa en general no se dará. Obsérvese además que *el criterio material-analítico general no es nunca un criterio de identificación de cuáles son los elementos aceptables, sino que es un "criterio de criterios" o un "metacriterio", pues nos dice cuándo un criterio teórico o práctico de identificación de elementos cumple con su cometido.*

Hemos visto que el criterio material-analítico general es absolutamente libre de teoría. Aunque ese no sea el caso de p , puede empero, en ciertas situaciones históricas de la ciencia, presentar una relativa y temporaria independencia teórica. En efecto, la técnica, incluso la técnica analítica, una vez creada, adquiere una vida independiente de la teoría en la cual fue procreada: se separa, se independiza. Si una teoría "muere", es decir es falsada por la experiencia o cae en desuso por ser reemplazada por otra más potente o más simple, las técnicas que ha engendrado no mueren con ella, la sobreviven. Aquí es posible que en un momento de descomposición teórica, cuando falta una teoría que dé cuenta de todo lo teóricamente adquirido con anterioridad y de todo lo experimentalmente adquirido hasta entonces, aún así continúen existiendo los recursos experimentales previos, aunque "huérfanos" de teoría.

Esta situación se da frecuentemente en la ciencia, también en nuestra época, en la cual nos encontramos, en casi todas las disciplinas científicas, con multitud de modelos parciales y complementarios o rivales, pero en la cual carecemos de teorías generales que permitan una explicación y una previsión universal de los estados de cosas de su región de objetos.

La técnica desarrollada con ayuda de las teorías anteriores obtendrá así una independencia teórica relativa, empero limitada al menos en dos sentidos: (1) por su origen, pues fue en el marco de una teoría previa donde cada técnica se desarrolló, y (2) porque ni aún con la caída de una teoría

queda la técnica totalmente desprovista de teoría fundamentante: hay que contar siempre con las disciplinas formales, lógica y matemática, que le están a la base, y con los aspectos material-analítico y material-sintéticos (si los hubiera) de su propia disciplina que, como núcleos protocientíficos a priori, permanecen incorruptibles. Por lo tanto la independencia relativa (u pasajera) de teoría "pura" que una técnica puede padecer, es sólo parcial y *relativa al aspecto estrictamente empírico, hipotético y falsable de una teoría*. En el caso de la química y la física tal aspecto empírico falsable consiste precisamente, en lo que respecta a la teoría de los elementos, al modelo particular con sus átomos, sus partículas subatómicas, etc., que otorga fundamento a la definición teórica actual de elemento elaborada sobre el número de protones. Este aspecto puede ser falsado alguna vez. Toda la técnica experimental de identificación de elementos no se transformará por ello en un "recetario" huero de teoría, pues al menos el soporte formal y protocientífico estarán siempre presentes.

De todos modos, lo anterior ilustra acerca de algunas de las crisis a que están sometidas las teorías, y, por lo tanto, las definiciones teóricas de elementos. En este respecto la definición material-analítica general y el criterio operacional material-sintético están, por el contrario, libres de tales avatares históricos.

Notas al capítulo segundo

1. En la selección de las definiciones clásicas de elemento químico nos hemos guiado por los trabajos de BOLZAN (1), (2) y (3). Hemos incluido aquí las definiciones citadas en esos trabajos, ampliándolas con algunos otros pasajes no mencionados en ellas. También hemos considerado brevemente (en sus rasgos generales) la teoría platónica de los elementos. Exponemos también los tratamientos contemporáneos del tema que nos fueron accesibles, junto con ciertos desarrollos posteriores a LAVOISIER. En ello nos ha brindado una guía inapreciable la eruditísima historia de la química de PARTINGTON (v. bibl.). También nos han sido de utilidad

las obras señaladas en la bibliografía como BOS, A.P., BOUSOULAS, N.-I., BOYLE, R., CROMBIE, I.M., DIES, A., GARRETT, A., KNIGHT, D.M., LAVOISIER, A., LORENZEN (2), PLATON (1) y (2), RIAZA MORALES, J.M. SCHONLAND, B., SCHUHL, P.-M y SEECK, G.A.

2. Cf. por ejemplo BARNARD (1) y (2).
3. ARISTOTELES, *Meteorologica* iv, 12, 390a3: to gar hú héneka hékisa entáútha délon hópu pleison tés hýles (Puesto que el fin es menos evidente allí donde la materia predomina). Cf. también LE BLOND, op.cit., p. 360.
4. LE BLOND, op.cit., p. 360.
5. RIAZA MORALES, op.cit., esp. caps. iii, vi y vii.
6. Cf. CALDIN, PRELAT y PRIMAS en la bibliografía.
7. PRELAT, op.cit., p. 73.
8. Idem, pp. 73-4.
9. Idem, p. 77
10. Cf. BOLZAN (2), cap. ix.
11. PRELAT, op. cit., p. 73.
12. CALDIN, op.cit., p. 7
13. Idem, p. 8.
14. Ver bibliografía.

15. RIAZA MORALES, op.cit., p. 124; cf. también p. 139.
16. Cf. BOUSSOULAS, op.cit., quien remite a ROBIN, *Platon*, París 1935, p. 43.
17. Cf. *Filebo* 23c-30b. Cf. también BOUSSOULAS, op.cit., cap. ii, párrafo ii: "Les quatre éléments et les quatre genres", pp. 35-42. Véase también *Timeo* 35a, donde se justifica la analogía dada por BOUSSOULAS, op.cit., p. 37:

$$\frac{\text{Meme}}{\text{Indivisible}} = \frac{\text{Indivisible}}{\text{Divisible}} = \frac{\text{Divisible}}{\text{Autre}}$$

En *Filebo* 26c-27c se encuentra la otra tétrada infinito - límite - mixto - causa, que BOUSSOULAS (op.cit., p. 37) expone en la proporción:

$$\frac{\text{cause}}{\text{limite}} = \frac{\text{limite}}{\text{mixte}} = \frac{\text{mixte}}{\text{illimité}}$$

18. "Einen "Kreislauf" (kŷklos) der vier Elemente können wir schon aus Platos *Tim.* 49b-c. Aber man sieht sofort, dass es sich um verschiedene "Kreise" handelt. Bei Plato wird der Übergang... als Kreis (49c6) bezeichnet. "Kreis" bedeutet hier also nur, dass alle vier Zustände erreicht werden. Bei Aristoteles heisst "Kreis" aber mehr. (...) die seltsame Vorstellung eines unmittelbaren Übergangs von Feuer in Erde, erklärt sich wohl allein aus dem Formalismus der Theorie." (SEECK, op. cit., p. 18).

El texto del *Timeo* platónico que nos interesa y hemos mencionado dice lo siguiente:

"Porque es difícil decir a qué de todos estos debemos llamar agua más bien que fuego, o incluso a cuáles debemos llamarlos con cualquier nombre dado, en lugar de con todos y cada uno variamente, de modo de emplear cada modo del discurso verdadera y verosímilmente. ¿Cómo pues debemos tratar este asunto y cuál es la cuestión que propiamente elevaríamos respecto de él? En primer lugar, aquello que nosotros hemos

llamado ahora agua lo vemos tornarse, por condensación, piedras y tierra rarificándolo y expandiéndolo a este mismo elemento lo tornamos viento y aire; y cuando el aire se inflama se torna fuego. Y a la inversa, el fuego contraído y extinguido retorna nuevamente a la forma de aire; también el aire concentrado y condensado se torna nube y niebla; y de éstos a su vez comprimidos viene el agua fluyente; y del agua la tierra y las piedras una vez más: y así, según parece, pasa de uno a otro el ciclo de las generaciones.!"

Cf. PLATON (1), p. 172, donde encontrará el texto griego y su traducción inglesa.

19. Cf. SCHUHL, op.cit., p. 174.
20. *Timeo* 29cd, 48d, 68d. Cf. SCHUHL, op.cit., p. 166 . Los textos, traducidos de la versión inglesa de ARCHER-HIND (ver PLATON (1) en bibliografía), son los siguientes:
 - (29cd) "Si entonces, Sócrates, luego que tantos hombres han dicho cosas diversas respecto de los dioses y la generación del universo, que nosotros no nos mostráramos capaces de dar una relación consistente y precisa en todos sus detalles y aspectos, no debe sorprender a ninguno; pero si podemos producir una (relación) tan probable como cualquier otra, entonces debemos darnos por contentos, recordando que yo, que hablo, y vosotros mis jueces no somos sino hombres: de modo que en estas materias estaríamos satisfechos con la narración probable y no buscaríamos nada más allá."
 - (48d) "Me esforzaré por dar una explicación que no sea menos probable que otra cualquiera, sino aún más;..."
 - (68d) "...pero si un hombre se esfuerza por hacer un juicio práctico de estas teorías, se mostrará él mismo ignorante de la diferencia entre la inteligencia divina y humana."
21. *Timeo* 59c: "Porque, si la proseguimos como una recreación y, cuando formulamos los principios del ser eterno, encontramos un placer en las te"

rías plausibles del devenir que no acarrea remordimiento en su transcurso, entonces podemos extraer de ella una recreación sobria y sensible durante nuestra vida." Traducción de la versión bilingüe griego-inglesa de ARCHER-HIND (PLATON (1), p. 215). Cf. también CROMBIE, op. cit., vol. ii, p. 245.

22. El texto platónico es de difícil interpretación. Leemos en 53d9-10: "...kata ton met'anánkēs eikóta lógon poreuómenoi;...", texto que ARCHER-HIND vierte al inglés de la siguiente manera: "..., following up the probable account which is concerned with necessity:..." (PLATON (1), p. 191). 'Lógon' es vertido aquí con 'account', en el sentido de relato, narración y, más precisamente, *explicación*. 'Eikóta' tiene el sentido de 'verosímil', 'razonable'. Recordando que el 'met'anánkēs' significa 'según (o 'por', o 'con') necesidad', la traducción más adecuada y simple parece ser: "siguiendo la explicación *necesariamente* verosímil:...". Presumimos que la verosimilitud de la explicación sería para PLATON en su caso "necesaria" en razón de su carácter geométrico. Lo interesante del texto así interpretado consiste en la aparición de una modalidad iterada del tipo más problemático: LMp. En efecto, en S4 se cumple que $Lp \leftrightarrow LMLp$ y además valen las siguientes implicaciones: $Lp \rightarrow LMLp \rightarrow LMP \rightarrow \text{RLMP} \rightarrow Mp$. En cambio en S5 vale incluso la fórmula $Mp \leftrightarrow LMp$, en tanto que en el sistema "Brouweriano" se admite como válida la fórmula $p \rightarrow LMp$. De modo que las diferentes relaciones deductivas de LMp constituyen uno de los puntos críticos para diferenciar los sistemas S4 y S5 de LEWIS, y B.
23. Cf. SCHUHL, op.cit., pp 168-70.
24. Cf. PARTINGTON, op.cit., p. 11.
25. *Tímeo* 55c. Los doce lados del dodecaedro corresponderían a las doce constelaciones del zodíaco, según el comentario de ARCHER-HIND (PLATON

(1), p. 197, nota a la línea 14 de 55c). La relación es de todos modos difícil de imaginar, pues el dodecaedro se aproxima - en forma - a una esfera dividida en doce regiones pentagonales unidas por veinte ángulos sólidos, en tanto que el zodíaco, o "círculo de los animales", es una banda de unos treinta grados de latitud en la región del ecuador celeste. La teoría de los elementos geométricos se desarrolla en *Timeo* 53c-55c. Los comentarios de ARCHER-HIND se hallan en las notas de las pp. 189-97 de la obra citada.

26. Las relaciones entre los lados de los escalenos rectos que resultan de la división de un triángulo equilátero (fig. 1) son simples:

$$\frac{\overline{AD}}{\overline{DC}} = \sqrt{3} ; \frac{\overline{AC}}{\overline{DC}} = 2 ; \frac{\overline{AC}}{\overline{AD}} = \frac{2}{\sqrt{3}} .$$

Las relaciones entre los lados de los isósceles rectos que resultan de la división de un cuadrado (fig. 2) son también muy simples:

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{OA}} = \sqrt{2} ; \frac{\overline{BO}}{\overline{OA}} = 1 .$$

En cambio las relaciones entre los lados de los isósceles que resultan de la división de un pentágono (fig. 3) son expresiones más complejas:

$$\frac{\overline{AF}}{\overline{OA}} = \text{sen}36^\circ ; \frac{\overline{OF}}{\overline{OA}} = \text{cos}36^\circ ; \frac{\overline{AF}}{\overline{OF}} = \text{tg}36^\circ$$

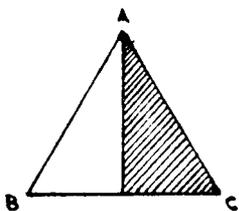


fig. 1

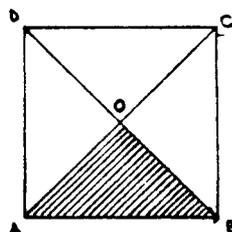


fig. 2

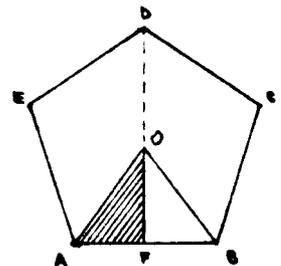


fig. 3

27. Cf. PARTINGTON, op.cit., p. 11, quien a su vez remite a ZELLER, *Die Philosophie der Griechen*, Leipzig, I, ii⁶, 950.
28. Cf. BOLZAN (1), pp. 88-93, (2), pp. 31-4 y (3), pp. 17-9 respectivamente.
29. ARISTOTELES, *De caelo* iii, 3, 302a15-18: "Ἐστὸ δὲ στοιχεῖον τὸν σὸμάτῳ, εἰς ἡὸ τάλλα σὸμάτα διαίρειται, ἐνυπάρχον δυνάμει ἔνεργεῖα (τῦτο γὰρ πῶτέρως, ἔτι ἀμφισβῆτεςίμον), αὐτὸ δ' ἐστὶν ἀδιαίρετον εἰς ἕτερα τὸ εἶδει". Se han consultado los cinco textos del *De caelo* citados en la bibliografía. TRICOT comenta la definición diciendo que se la propone "A titre de définition possède par le sens commun et le consentement général." (ARISTOTELES (7), p. 132, n. 5). Esto viene a reforzar la idea de que el desinterés previo en la definición de elemento surgía de la creencia común de que se trataba de una noción suficientemente clara. Sin embargo, a la luz de lo adelantado más arriba (cf. n.6), lo que intenta ARISTOTELES con sus definiciones es una "reconstrucción ortolingüística" de un término empragmáticamente controlado en su uso. Cf. LORENZEN (2), p. 22.
30. ARISTOTELES, *De caelo* iii, 4, 302b18-20: "ἡὸστ' εἰπερ τὸ σύνθητον ἡὸ ἐστὶ στοιχεῖον, ἡὸ ἡάπαν ἐστὶ τὸ ἡομοίωμα στοιχεῖον, ἡὸ τὸ ἀδιαίρετον εἰς ἕτερα τὸ εἶδει, καθάπερ εἶρεται προτερον."
31. ARISTOTELES, *Metafísica* iv, 3, 1014a26-31: "Στοιχεῖον λέγουται ἐξ ἡὸ σύνκεἰται πρὸτῦ ἐνυπάρχοντος ἀδιαίρετῦ τὸ εἶδει εἰς ἕτερον εἶδος, (...), ἡὸ ἡὸ ἡὸν ἡὸν τὸ μὸρῖον ἡὸν ἡὸν, ἡὸ ἡὸ τὸς σὸν ἡὸν." Se consultaron las ediciones de ARISTOTELES indicadas en la bibliografía con los números (1), (2), (3), (4) y (5). El texto castellano ha sido tomado de la edición trilingüe de Valentín GARCIA YEBRA (ARISTOTELES (4)). ROSS (ARISTOTELES (1)) comenta en vol. i, p. 294, que el término 'enypárjontos' en este pasaje "marks the difference between 'stoi-

jéion' and 'arjé' or 'aítion'. Thus 'hýlē', 'stérēsis', 'éidos' are 'stojjéia'; the external efficient cause is 'arjé' but not 'stojjéion'." La única versión consultada que prescinde de una traducción de 'enypárjontos' (palabra que normalmente se traduce con 'inmanente' o 'ínsito') es la italiana de CARLINI (ARISTOTELES (2)), que en esto sigue el texto del "Aristoteles latinus". CARLINI empero aclara que en el texto griego "se agrega" el término señalado, "che indica il carattere distintivo di *elemento* (principi e cause possono non essere insiti). Percio in xii, 4-5 si chiamano elementi la *forma*, la privazione e la materia." Con ello no reitera sino lo anteriormente señalado por ROSS (op.cit., p. 153, n 20). El verbo 'enypárjō' lo traduce BAILLY (*Dictionnaire Grec-Français*, Paris, Hachette, 1950) con la expresión 'exister dans'. Coincidentemente H.G. LIDDELL & R. SCOTT (*A Greek-English Lexicon*, Oxford, Clarendon Press, novena edición, reimpresión de 1978) nos dan 'exist or be present in'. Las versiones griegas contienen el término en cuestión; el "Aristoteles latinus" carece de él. Los subrayados de los textos aristotélicos son nuestros.

32. Cf. Introducción y nota 6 a la misma.
33. Véase nota 1 al capítulo tercero.
34. Véase BOS, op.cit.
35. Véase SEECK, op.cit.
36. Para una discusión amplia del tema de las cualidades táctiles, de su relación con las presuntamente prioritarias propiedades visibles, como también de por qué el género de lo táctil se divide en dos subgéneros (la temperatura y la tangibilidad), véase SEECK, op. cit., pp. 30-7.
37. Aquí la concepción de la definición "por género y diferencia", tan típica de la dogmática aristotélica, muestra algunas de sus limitaciones

más difíciles de evitar. Además el procedimiento utilizado por ARISTOTELES para caracterizar unívocamente a sus elementos recuerda la teoría de la definición de LEIBNIZ, quien renuncia explícitamente al método de género y diferencia. Para ello véase BURKHARDT, op. cit. bibl., pp. 206-18 y esp. 213 y 283.

38. SEECK, op. cit., p. 106.
39. Idem, p. 120.
40. Idem, p. 121.
41. Idem, p. 123: "Die Einführung des fünften Elements ist dann nicht mehr ein Beweis für die Göttlichkeit der Himmelskörper, sondern das fünfte Element ist eine physikalische Hypothese, die sich *notwendig* erweist, um das besondere Verhalten der Gestirne physikalisch erklären zu können." El 'notwendig' lo interpretaríamos aquí, en sentido de modalidad teórica, como *hipótesis necesaria* que pone una *condición suficiente* para explicar el diferente comportamiento de los astros respecto de los entes del mundo sublunar.
42. SEECK, op. cit., p. 143.
43. SEECK, op. cit., p. 152: "Trotz der früher besprochenen inneren Schwierigkeiten werden wir diese Theorie...als sinnvollen Versuch betrachten, ein gemeinsames kosmologisches System für irdischen und himmlischen Bereich zu schaffen. In diesem Versuch liegt ihr unbestreitbarer Wert."
44. TEOFRASTO: texto tomado de VERA (ed.), op. cit. bibl., i, pp. 675-6, tomado por éste a su vez de FARRINGTON, *Greek Science*, 1952. El subrayado es nuestro.
45. Cf. POPPER, op. cit. bibl.

46. PARTINGTON, op. cit., p. 6.
47. "...esti de stoujéion, ex hú próton guínetai ti kai eis ho ésjaton analyetai." El texto está tomado de DIOGENES LAERTIOS, vii, 137. Véase también PARTINGTON, op. cit., p. 156.
48. PARTINGTON, op.cit., ii, pp. 492, 497 y 662.
49. BOYLE, op. cit., p. 562.
50. Ibidem.
51. Ibidem.
52. Ibidem
53. Ipse, idem, p. 584. Cf. también p. 586.
54. LAVOISIER, op. cit. bibl. Nos ha sido inaccesible toda versión francesa, por lo que utilizamos una clásica versión inglesa. La traducción castellana es de nuestra responsabilidad.
55. LAVOISIER, op. cit., p. xxiv. El subrayado es nuestro, salvo en lo que concierne a los términos 'elementos' y 'principios de los cuerpos'.
56. Es decir: $L_q \forall x. S \in \Sigma_q \ \& \ Sx: \Leftrightarrow_d q \vdash \forall x. S \in \Sigma_q \ \& \ Sx$, donde ' Σ_q ' es el conjunto de los elementos y 'S' el conjunto de las determinaciones específicas (especie) de x . La expresión describe el criterio de aceptación teórica de elemento a la manera de MENDELEJEV. La "existencia" predicada aquí se refiere a la "existencia teórica" de sustancias elementales absolutas de especie S, siendo S, por tanto, un "elemento absoluto". Los elementos, como todas las entidades teóricas (matemáticas, fí-

sicas, etc.) no existen de ninguna manera: ello es sólo una "façon de parler". Las sustancias elementales absolutas *pueden* existir. Desde el punto de vista de una teoría q determinada (química o de otra especie) "existen teóricamente" con respecto a q.

57. LAVOISIER, op. cit., p. 177. El subrayado es nuestro.
58. Ipse, idem, p. 176.
59. Cf. KNIGHT, op. cit., pp. 12-3.
60. Cf. SCHONLAND, op. cit., pp. 5-24 y KNIGHT, op. cit., pp. 130-47.
61. Ibidem.
62. Humphry DAVY: *Collected Works*, iv, pp. 383ss., y vii, p. 271. Citado por KNIGHT, op. cit., p. 40.
63. KNIGHT, op. cit., p. 133.
64. Ipse, idem, p. 145-6.

Capítulo tercero

Criterios de definición del término 'elemento' y de sus términos afines

En la breve reseña histórica anterior hemos insistido siempre en esa ausencia de claridad lógica que origina la confusión constante entre *substancia (corpórea) elemental* y *elemento (o especie elemental)*. También hemos observado que estos predicadores nunca aparecen aislados, sino que siempre se manifiestan formando parte de un *sistema* de ellos, cuyo uso recíproco está regulado por normas "materiales", ya analítica, ya sintéticas (cf. cap. 1, párrafo 2, esp. v y vi). Por lo tanto el problema de *definir* 'elemento' implica determinar relativamente el sentido de los términos de un sistema de predicadores, y ello en cada uno de los contextos admisibles. Estos últimos eran:

- (1) *Un contexto material-analítico de máxima generalidad*, es decir un contexto independiente de toda teoría filosófico-natural o científica concreta.
- (2) *Un contexto teórico*, sea éste de naturaleza filosófico-natural, o de naturaleza científica.
- (3) *Un contexto teórico-práctico o experimental (u operacional)*. Este último admite además una subdivisión, que corresponde a la distinción entre posibilidades prácticas de primera y de segunda especie.

Para cada uno de esos contextos deberemos, en suma, precisar el sentido de los siguientes términos:

- '*substancia elemental^a*' (substancia elemental en sentido *absoluto*);
- '*substancia elemental^r*' (substancia elemental en sentido *relativo*,
o substancia componente);

'*substancia elemental^{ar}*' (substancia elemental en sentido *absoluto y relativo*).

De este modo el término ambiguo 'substancia elemental' se escinde en tres términos que definiremos de modo unívoco en cada uno de los tres contextos arriba indicados. De manera semejante tendremos que proporcionar, para el término multívoco 'elemento', tres definiciones unívocas de los siguientes términos:

'*elemento^a*' (elemento *absoluto*);

'*elemento^r*' (elemento *relativo*, o especie componente);

'*elemento^{ar}*' (elemento *absoluto y relativo*).

Como en el caso de los tres primeros términos, las definiciones se deberán especificar en cada uno de los tres contextos considerados.

Que una substancia sea considerada "elemental" en alguno de los tres sentidos señalados más arriba dependerá de información (material) adicional. Algo similar ocurrirá con la determinación del sentido de 'elemento' que se diga de una especie dada.

Con los términos señalados no está completo nuestro sistema de predicadores: es fácil advertir que algunos de los términos mencionados en ambas ternas poseen *opuestos*. El término 'substancia elemental^r', que hicimos sinónimo del término 'substancia componente', tiene como opuesto al término 'substancia compuesta', o más brevemente, 'compuesto'. Del mismo modo, el término 'elemento^r' (o 'especie componente') tiene por opuesto al término 'especie compuesta'. Por lo tanto deberemos agregar a nuestro sistema de predicadores a los siguientes términos:

'*substancia compuesta*' (o '*compuesto*') y

'*especie compuesta*'.

También cada uno de estos términos deberá definirse univocamente en cada uno de los tres contextos señalados arriba.

Estos son los ocho términos fundamentales del sistema de predicadores que consideraremos y que se especificarán, a su vez, en los tres contextos teóricos señalados. Con ello no se agotan empero los opuestos. Otros dos pares de opuestos se pueden considerar, si se advierte que 'substancia elemental^{ar}' implica 'substancia elemental^r', del mismo modo que 'elemento^{ar}' implica 'elemento^r'. De modo que habrá que considerar también los pares de opuestos derivados:

'substancia elemental^{ar}' - 'substancia compuesta' y
'elemento^{ar}' - 'especie compuesta'.

Las conversas de las implicaciones señaladas son trivialmente inválidas, como también son inválidas las implicaciones que fueran de la predicación de 'substancia elemental^a' en el antecedente, a la predicación de 'substancia elemental^r' en el consecuente. O que pasaran de la predicación de 'elemento^a' en el antecedente, a la predicación de 'elemento^r' en el consecuente. Esto lo veremos tan pronto como dispongamos de una notación artificial conveniente. Por cierto, las nuevas oposiciones derivadas no agregan nuevos términos a nuestro sistema de predicadores, al cual, en consecuencia, lo podremos considerar como al menos provisionalmente agotado.

Las citas aristotélicas (5), (6) y (7), junto con las notas i-iv (especialmente las tres primeras), que extrajéramos de dichas citas, y a las que agregáramos las definiciones D12-D14 (véase párrafo 2.2.2.) fundadas en las citas aristotélicas donde hiciéramos los comentarios del caso, nos permiten afirmar que *las substancias elementales de ARISTOTELES son substancias elementales^{ar} y que sus elementos son elementos^{ar} (en sentido débil)*. (Recuérdese el carácter "débil" del término 'elemento absoluto' para los cuatro elementos sublunares de la cosmología aristotélica en razón de su transmutabilidad recíproca.) Esto quedó resumido en D12. Otros autores en cambio, aún comentando a ARISTOTELES, parecen entender esos términos exclusivamente en sentido relativo. Un caso tal sería el de BURIDAN.¹

3.1. Notación

A la notación básica que hemos considerado en los párrafos 1.1. y 1.3., agregaremos aquí algunos símbolos específicos - semánticamente interpretados - para el tema que nos ocupa.

La notación básica consistía en la correspondiente a una lógica de primer orden. A ella se agregaron unas pocas expresiones de segundo orden, el operador lógico de abstracción ' λ ', algunas expresiones de teoría de conjuntos, como ser 'clases' y relaciones constantes como ' ϵ ', ' ξ ' y ' ζ ', algunas expresiones de teoría modal, etc.

El dominio de variabilidad de las variables de individuo x, y, z, \dots , serán *las sustancias químicas*. Las letras predicativas ' S ', ' S_1 ', ' S_2 ', \dots , tendrán como dominio de interpretación a las *especies químicas*.

La relación binaria ' Cxy ' significará que ' x es (sustancia) componente de y '.

Las siguientes expresiones:

$'s^a x'$, $'s^a_q x'$ y $'s^a_p x'$ (con ' s ' inicial de 'stoijéion'), significan respectivamente: ' x es elemental^a' (x es elemental absoluto), ' x es elemental^a respecto de q ' y ' x es elemental^a respecto de p '. Las expresiones ' q ' y ' p ' designan respectivamente una teoría química (o una teoría cosmológica de los elementos, según el caso) y un saber químico teórico-práctico, es decir, experimental u operacional.

Si q se considera un subsistema de p (es decir, si se considera que todo el contenido teórico de q está contenido también en p), aunque la inversa no sea verdadera - pues q sería el aspecto teórico "puro" y p contendría además los aspectos técnicos y experimentales -, entonces será inmediata la siguiente inclusión puramente extensional:

$$q \subset p.$$

Las expresiones

$$'s^r_{xy}', 's^r_q xy' \text{ y } 's^r_p xy'$$

simbolizan respectivamente las relaciones binarias ' x es elemental^r respec-

to de y' , ' x es elemental^r para y respecto de q' ' y ' x es elemental^r para y respecto de p' '. O lo que es equivalente: ' x es componente de y' ', ' x es componente de y respecto de q' ' y ' x es componente de y respecto de p' '.

De manera análoga se introducen las expresiones

$$'s^{ar}_x', 's^{ar}_q' \text{ y } 's^{ar}_p',$$

correspondientes a los tres predicadores en que se especifica la expresión 'elemental absoluto-relativo'. Tales predicadores pueden considerarse tanto como operadores monádicos, cuanto como operadores binarios (y en general poliádicos). En nuestra introducción notacional lo hemos considerado sólo en su aspecto monádico, es decir, tomando en cuenta sólo su carácter elemental *absoluto*. Pero también podemos tomar en cuenta su aspecto relativo y escribir, por ejemplo:

$$'s^{ar}_{xy}'.$$

Este punto diferencia *sintácticamente* a estos operadores de los anteriores. En efecto, los predicados *absolutos* son obviamente monádicos y no diádicos, mientras que, por el contrario, los operadores *relativos* son diádicos y no monádicos. Los operadores *absoluto-relativos* son mixtos y sintetizan ambas cualidades de los restantes. Son, por lo tanto, "sintácticamente ambiguos", aunque dicha ambigüedad no nos acarreará dificultades lógicas, bajo la condición de que la tengamos presente.

Las relaciones conversas "directas" de las relaciones "elementales-relativas", y conversas "indirectas" de las "elementales absoluto-relativas", son las siguientes:

$$'m_{xy}', 'm_q' \text{ y } 'm_p' \quad (\text{con 'm' de 'míxis'}),$$

que se interpretan respectivamente como ' x es compuesto de y' ', ' x es compuesto de y respecto de q' ' y ' x es compuesto de y respecto de p' '. Aunque estos predicadores son binarios, y en consecuencia obviamente relaciones, no hemos utilizado el supraíndice 'r' por superfluo, pues no es posible distinguir aquí entre "compuestos absolutos" y "compuestos relativos",

puesto que todo compuesto es siempre relativo a sus componentes.

Como anticipáramos más arriba es claro que los predicadores absolutos 's^a' en sus tres tipos no tienen operadores conversos por razones sintácticas. Los predicadores monádicos admiten predicadores contradictorios y otros contrarios, subcontrarios, etc., pero no tienen *conversos*, que son típicos de las relaciones (y, en forma más clara, de las relaciones binarias). (A propósito, una de las mayores desgracias en el desarrollo de la metafísica occidental ha sido la ignorancia de la lógica de las relaciones y de las oposiciones, que han llevado a considerar a las relaciones bajo el cristal de las oposiciones, y a todas éstas como "contradicciones". El caso de HEGEL y de sus seguidores, y aún hoy el marxismo, es un ejemplo de lo peligroso que resulta la ignorancia de la lógica para los metafísicos).

Además de la razón sintáctica (y suficiente) mencionada, hay también un motivo empírico para las diferencias notacionales adoptadas. En especial, el que una substancia sea elemental^a (en cualquiera de sus sentidos) no asegura que sea *combinable*, es decir, que a partir de ella se puedan obtener compuestos. Tomemos los ejemplos: uno de la antigüedad y otro contemporáneo.

(1) El ejemplo de la antigüedad es el del "éter" aristotélico. Hemos visto más arriba que dicho éter, a diferencia de los restantes cuatro elementos clásicos, no entra en el ciclo de la generación y la corrupción. El éter es por tanto, respecto de dicha generación y corrupción, el único elemento realmente absoluto en sentido aristotélico. Pero tiene además otra característica igualmente importante que no hemos señalado. Es cierto que de éter están formados los "divinos cuerpos celestes"², aunque no se den explicaciones muy precisas acerca de la "distribución de éter". Pero hay algo más que con el éter aristotélico no se puede hacer, a saber, *combinarlo con los otros cuatro elementos sublunares*: el éter tiene otro movimiento y, si fuera considerado alguna vez en el tratado *De generatione et corruptione* (cosa que no ocurre), sería coherente que, a diferencia de los

cuatro elementos "sublunares", careciera de toda caracterización por un par de "diferencias específicas" que tuvieran opuesto, pues es la presencia de opuestos la que permite la generación y la corrupción de los elementos sublunares.

Su carácter de "incombinable" hace del éter un ejemplo típico de lo que consideramos un elemento absoluto que, a su vez, no es absoluto-relativo.

(2) El ejemplo contemporáneo estaba constituido hasta hace poco tiempo por los llamados "gases nobles" de la química (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn), los cuales se comportaban como elementos^a, pero que además eran tanto teóricamente cuanto prácticamente, incombinables, es decir, no eran elementos^{ar} ni elementos^r.

Hoy se ha logrado combinar incluso gases nobles, con lo que han pasado a ser considerados sustancias componentes o elementos^r y ^{ar}, pero la cuestión de principio - la cuestión lógica - permanece: *a falta de información adicional no se puede concluir que todo elemento^a sea un elemento^{ar}*. En consecuencia, la siguiente expresión será inválida:

$$* \quad s^a x \rightarrow s^{ar} x$$

cuya cuantificación universal será *a fortiori* inválida:

$$* \quad \Lambda x. s^a x \rightarrow s^{ar} x.$$

En general, de no mediar información adicional (material), no estaremos en condiciones de admitir la fórmula siguiente:

$$\Lambda x: s^a x \rightarrow : \forall y. S_1 x \ \& \ S_2 x \ \& \ S_1 \neq S_2: \rightarrow s^{r} xy$$

(Siguiendo a LUKASIEWICZ, significaremos con el signo '*' antepuesto a una fórmula, que la fórmula en cuestión es inválida.)

En general, cuando digamos que una cierta especie S_i es un elemento (en cualquiera de los sentidos anticipados) lo expresaremos mediante la relación de pertenencia ' \in ' de S_i a una clase (en general *indefinida*, es decir *no constructiva* de elementos ' Σ '). Tal relación de pertenencia entre en-

tidades lógicas de orden superior, la notaremos de la manera siguiente:

$$S_i \in \Sigma .$$

Como existen varios criterios de "elementalidad", tendremos que introducir símbolos para los varios tipos de clases de elementos. Los casos más importantes son los de clases de elementos absolutos y elementos *relativos a una especie dada*.

Las clases de elementos absolutos las notamos así:

$$' \Sigma^a_1 ', ' \Sigma^a_q ' \text{ y } ' \Sigma^a_p ' .$$

Lógicamente son predicados constantes de segundo orden.

Las *clases de elementos relativos a una especie dada* son simbolizadas de la siguiente manera:

$$' \Sigma^S_j ', ' \Sigma^S_q ' \text{ y } ' \Sigma^S_p ' ,$$

que corresponden a relaciones binarias constantes de segundo orden, cuyo segundo lugar de argumento ha sido ocupado por el argumento constante S_j (es por ello que su equivalente extensional es una clase de especies, y no una clase de pares ordenados de éstas).

Podríamos introducir una notación adecuada para clases de elementos *absoluto-relativos*, pero ello no es necesario, pues queda el recurso de definir las con el uso de la conjunción y sus correspondientes clases absolutas y relativas.

Como es fácil de comprender las clases de elementos absolutos no tienen conversas. En cambio las clases de elementos relativos sí lo tienen. Estas serán las *clases de las especies compuestas relativas a una especie S_i dada*, que en sus tres variantes simbolizamos de la siguiente manera:

$$'M^S_i', ''M^S_q' \text{ y } 'M^S_p'$$

Todos los predicadores monádicos y binarios de segundo orden que hemos introducido, son constantes, del mismo modo que las clases señaladas. Por supuesto que nos será expresamente prohibido cuantificar los términos de segundo orden, como por ejemplo las especies. La cuantificación quedará reservada para las variables de primer orden, con dominio de variación constructivo o indefinido, pero para las que exista, en la teoría, garantías suficientes de que la cuantificación no conduce a dificultades lógicas.

3.2. *Definiciones material-analíticas generales y teoremas*

Ahora nos ocuparemos de simbolizar más precisamente algunos de los resultados de nuestra anterior discusión histórica. En primer lugar daremos forma simbólica a algunas definiciones en la interpretación más amplia y desprovista de especificaciones cosmológicas o teóricas que hemos encontrado, a saber, las definiciones *material-analíticas-generales*, con las que se avienen sin dificultades las interpretaciones de ARISTOTELES y de BOYLE que hiciéramos, bajo la condición de no tomar en cuenta en estos autores la ausencia de una clara distinción entre sustancias y especies y, por lo tanto, entre sustancia elemental y elemento.

Comencemos definiendo 'sustancia elemental absoluta':

D15 Una sustancia x se dice *elemental absoluta* si y sólo si, si x es de la especie S , entonces no existe ninguna sustancia y tal que, y no es de la especie S e y es componente de x . En símbolos

$$s^a x \Leftrightarrow_d Sx \rightarrow -\forall y. -Sy \ \& \ Cyx$$

Como ya hiciéramos a partir del párrafo 1.1. la letra T que precede a una fórmula indicará que la fórmula en cuestión es una tesis del sistema. El número que le sigue indica su orden de aparición. Recordando que a toda definición le corresponde una equivalencia válida en el sistema y recordando la interpretación universal de las variables libres³, obtenemos:

$$T10 \quad \Lambda x :: s^a x \leftrightarrow :: Sx \rightarrow :-Vy.-Sy \ \& \ Cyx ,$$

y recordando la equivalencia $-Vx.A \leftrightarrow \Lambda x.-A$, obtenemos:

$$T11 \quad \Lambda x :: s^a x \leftrightarrow :: Sx \rightarrow :\Lambda y.-Sy \ \& \ Cyx.$$

Aplicando en T11 una de las leyes de OCKHAM y reemplazo de equivalencias obtenemos:

$$T12 \quad \Lambda x :: s^a x \leftrightarrow :: Sx \rightarrow : y.Sy \ \vee \ -Cyx .$$

Las formas prenexas correspondientes a T11 y T12 son excesivamente complejas (y asimétricas) para nuestros propósitos.⁴ Podemos obtener formas normales prenexas más simples si optamos por una versión levemente modificada de D15:

D16 Para toda x y para toda y , x es una *substancia elemental absoluta* si y sólo si, si x es de la especie S , entonces no es el caso que no sea de la especie S e y sea componente de x .

$$s^a x \Leftrightarrow Sx \rightarrow :-Sy \ \& \ Cyx .$$

Esta definición justifica, en nuestro simbolismo, por la interpretación universal de las variables libres que aquí corresponde, la siguiente tesis en forma normal prenexa (toda fórmula en forma prenexa será indicada con una 'P' que preceda a su denominación):

$$PT13 \quad \Lambda x \Lambda y :. s^a x \leftrightarrow : Sx \rightarrow :-Sy \ \& \ Cyx$$

D16 es deductivamente más fuerte que D15. Empero, por no introducir (desde el punto de vista semántico que nos interesa) ninguna información adicional a la que tuvimos en cuenta para determinar el concepto de *substancia elemental absoluta*, y en razón de su mayor simplicidad y potencia

deductiva, utilizaremos - de aquí en más - definiciones de este carácter, siempre que ello nos resulte beneficioso.

A partir de PT13 se obtiene trivialmente (OCKHAM y reemplazo de equivalencias) una tesis equivalente, que es a PT13 lo que T12 es en relación a T11:

$$PT14 \quad \Lambda x \Lambda y : s^a x \leftrightarrow :Sx \rightarrow .Sy \vee -Cyx$$

De PT13, por conmutatividad de la conjunción, la definición clásica de la implicación material $p \rightarrow q \leftrightarrow -.p \wedge \neg q$ y reemplazo de equivalencias obtenemos otra tesis que nos interesa:

$$PT15 \quad \Lambda x \Lambda y : s^a x \leftrightarrow :Sx \rightarrow .Cyx \rightarrow Sy .$$

Tanto en las definiciones D15 y D16 como en las tesis T10 a PT15 hemos utilizado las expresiones ' Sx ' y ' Sy ' (o bien ' Sz ') para asegurar que tales definiciones y tesis no sean anfibológicas, pues la relación ' Cyx ' (o bien ' Cyz ') es ambigua, pues el "ser componente" puede ser interpretado muy bien como "es parte (o fragmento) de". Si éste fuera el caso, no quedaría asegurado el carácter elemental absoluto de ω , sino solamente su carácter de "mínimo natural". En efecto, si en vez de las D15 o D16 introdujéramos una definición que olvidase las especies S , tendríamos la siguiente "pseudodefinition" de elemento absoluto:

$$s^a x \Leftrightarrow -\forall y Cyx .$$

A partir de ella las tesis derivadas T10-PT14 degenerarían en tesis más simples, pero que podrían interpretarse en el sentido de "mínimo natural".⁵ Al agregar las expresiones ' Sx ', ' Sy ', etc., se deja de afirmar que no exista una parte o fragmento de x , es decir, se deja de afirmar que x sea un mínimo natural. En cambio se pasa a afirmar que no existe ninguna substancia componente y de x cuya especie sea diferente de la especie de x , que es precisamente lo que exige para reconocer a la substancia x como

elemental absoluta.

La tesis PT15 torna más claro lo dicho. Traducida al lenguaje corriente diría lo siguiente:

"Para todo x y para todo y , x es elemental absoluta, si y sólo si, si x es de la especie S , entonces, si y es componente (parte o fragmento) de x , entonces y es de la misma especie S de x ."

Entonces PT15 torna claro que el carácter elemental absoluto de una substancia no rechaza que la substancia pueda tener partes o fragmentos (lo que constituye aquí la única interpretación admisible de la expresión Cxy en PT15), sino que asegura que tales "componentes", si los hubiere, serán de la misma especie de x . Esto, que es lo decisivo en la definición de substancia elemental absoluta, sólo se manifiesta si adoptamos D15 o D16.

A continuación definiremos el concepto de 'substancia elemental relativa' (o 'substancia componente'):

D17 Para todo x y para todo y , x es una *substancia elemental relativa* para y , si y sólo si, si x es de la especie S , entonces y no es de la especie S y x es componente de y .

Esta definición justifica introducir su correspondiente equivalencia:

PT16 $\Lambda x \Lambda y : s^{\Gamma}xy \leftrightarrow .Sx \rightarrow -Sy \& Cxy$,

de la cual obtenemos fácilmente las dos equivalencias siguientes:

PT17 $\Lambda x \Lambda y : .s^{\Gamma}xy \leftrightarrow :Sx \rightarrow -.Sy \vee -Cxy$,

PT18 $\Lambda x \Lambda y : .s^{\Gamma}xy \leftrightarrow :Sx \rightarrow .Cxy \rightarrow Sy$.

Esta última fórmula expresa claramente el sentido veritativo-funcional que estamos concediendo a la relación "...es componente de---". En efec-

to, la negación del condicional $\neg Cxy \rightarrow Sy$ será verdadera sólo en el caso en que $Cxy = 1$ y $Sy = 0$, es decir, $\neg Sy = 1$. Con ello la relación '*...es componente de ---*' admite para esta fórmula al menos la interpretación de *componente en el sentido de la combinación química*, pues en caso de $Cxy = 1$ no admite que $Sx = 1$ y $Sy = 1$, es decir, no admite que sean de la misma especie y que por lo tanto x sea parte o fragmento de y . Ello ya ha quedado excluído expresamente por T10.⁶

6

La otra interpretación admisible en PT18 de la relación '*...es componente de ---*' es la del componente en el sentido de mezcla, pues en este caso $\neg Sy$ será trivialmente verdadero, ya que para todo S (para toda especie química) $Sy = 0$, por ser y precisamente una mezcla, es decir, ninguna *substancia química*.

En resumen: la forma de la tesis permite interpretar a Cxy como (al menos) la relación componente en (1) el sentido de la combinación química y (2) en el sentido de mezcla (o solución) de sustancias químicas, pero excluye la interpretación de componente como parte o fragmento de una misma especie, que es lo que interesa evitar en una definición de elemento relativo. Ello es lo que quedara asegurado por nuestra D17.

D18 Para todo x y para todo y , x es una *substancia compuesta* (o simplemente un *compuesto*) de y , si y sólo si y es una *substancia elemental* relativa respecto de x . En símbolos:

$$mxy \Leftrightarrow s^r_{yx}$$

Recordando la anterior definición D17 es fácil deducir de PT16-PT18 las siguientes tesis:

PT19 $\Lambda x \Lambda y : mxy \leftrightarrow .Sy \rightarrow \neg Sx \& Cyx$,

PT20 $\Lambda x \Lambda y : .mxy \leftrightarrow :Sy \rightarrow \neg .Sx \vee \neg Cyx$,

PT21 $\Lambda x \Lambda y : .mxy \leftrightarrow :Sy \rightarrow \neg .Cyx \rightarrow Sx$.

La ausencia de un supraíndice en el signo 'm' obedece a que el término 'compuesto' no puede ser absoluto, sino siempre relativo, de modo que todo supraíndice sería superfluo.

Si recordamos el siguiente metateorema de la lógica elemental:

$$A \leftrightarrow B, B \rightarrow C \vdash A \rightarrow C,$$

y el teorema del cálculo proposicional:

$$p \rightarrow \neg(q \rightarrow r) \rightarrow p \& q \rightarrow \neg r,$$

y hacemos las sustituciones adecuadas, entonces obtenemos por sustitución en esta fórmula y a partir de PT18 y PT21 y separación, las siguientes tesis:

$$\text{PT22} \quad \Lambda x \Lambda y : s^r xy \rightarrow .Sx \& Cxy \rightarrow \neg Sy$$

$$\text{PT23} \quad \Lambda x \Lambda y : mxy \rightarrow .Sy \& Cyx \rightarrow \neg Sx$$

(En la deducción se requerirán obviamente dos aplicaciones de las reglas de particularización y generalización universal en cada caso.)

Hasta aquí hemos establecido algunas normas en sentido "material-analítico" para regular el uso recíproco de los predicadores 's^a', 's^r' y 'm', por una parte, y de los predicadores 'S', 'C' y sus negaciones, por otra. Con estas normas hemos *prohibido*, por ejemplo, como una de las exigencias fundamentales, negar el carácter de "elemental absoluta" a una substancia x una vez que se ha concedido que x es de una cierta especie química y se ha negado la verdad de la conjunción $\neg Sy \& Cyx$ (cf. por ejemplo PT13). De manera semejante, mediante una norma implícita en D17, que se manifiesta por ejemplo en PT16, hemos prohibido negar el carácter de elemental *relativa* a



una substancia x , una vez que se ha concedido que es de la especie S y que la conjunción $-S \& Cx$ es verdadera, etc.

Con esto no hemos dado aún una introducción formal a nuestro lenguaje de abstractos tales como las especies. En verdad, al hablar de ' S ', ' C ', etc., hasta aquí, sólo deberíamos hacerlo en el sentido de "predicadores", cuyo uso y control se ha adquirido "empragmáticamente", es decir, en contacto con la experiencia a través de la cual hemos aprendido el uso de dichos predicadores.

En los párrafos siguientes se darán al menos dos criterios generales para incorporar a nuestro lenguaje los términos teóricos abstractos que necesitamos, con lo que no desdeñamos de antemano la posibilidad de que puedan proponerse otros criterios igualmente adecuados.

Frente a las *especies químicas abstractas*, hemos considerado a las *substancias químicas concretas*, es decir, como entidades reales, espacio-temporalmente determinadas, que son las entidades con las que el químico trabaja materialmente: las entidades químicas *existentes*. La relación de los concretos con sus abstractos - tema lógico bastante complejo - no es cuestión a dilucidar aquí. En cambio sí queremos insistir en que con el término 'abstracción' no mentamos ningún "proceso psíquico".

La operación "matemática" o lógica de abstracción es un hacer normado que permite la introducción de un nuevo objeto teórico una vez que se ha demostrado una relación **Invariante** (una relación de equivalencia) respecto de una sucesión constructiva de entidades teóricas, cuando nos hemos restringido a una clase controlable de predicados y relaciones, que se predicán invariante respecto de su verdad o falsedad cuando se sustituye un elemento de la sucesión por otro. Es decir, que respecto de la predicación individual o relacional de ciertos predicadores de una clase recursiva se demuestra su "identitas salva veritate".

El ejemplo más clásico es el de la introducción de los objetos "abstractos" *números racionales* \mathbb{Q} , a partir de los objetos más "concretos", los

números enteros \mathbb{Z} , mediante la demostración de la igualdad de la multiplicación cruzada para un par cualquiera de fracciones de enteros de la forma $am/an, a'm/a'n$, con a, a', m y n que pertenecen a \mathbb{Z} y m y n que son primos entre sí.⁷

La abstracción en el ámbito de las ciencias de hechos no podrá ser siempre isomorfa con la abstracción lógica o matemática, fundamentalmente por lo extraño que resulta en tales casos encontrar una sucesión constructiva de objetos. Quizás una de las excepciones conspicuas de nuestro tiempo lo constituye precisamente la teoría contemporánea de los elementos químicos, en la cual el cálculo de los transuránidos parece poderse continuar indefinidamente al menos como elementos teóricos.⁸ Pero en general no será este el caso.

Sin embargo no debemos por ello retornar a la concepción psicologista de la abstracción (tarea propia de psicólogos), sino retener aquellos aspectos comunes que, en tales dominios, tenga la abstracción en las disciplinas empíricas, con la abstracción matemática.

Una de las características rescatables es la de contar siempre con un sistema de entidades concretas - aunque no puedan generarse constructivamente en sucesión ordenada, como en lógica y matemática - cuyo reemplazo (en verdad el reemplazo de sus nombres o descripciones) no afecte la verdad o la falsedad de enunciados que contienen ciertos predicadores n -ádicos (con n mayor o igual a 1). Por lo tanto con abstracción en el ámbito de las ciencias empíricas mentamos algo más simple que la abstracción lógica o matemática. Su estructura lógica supone

- (1) Un conjunto o clase de variables de individuo x, y, z, \dots , que mientan entidades reales y cuyo dominio de variación será en general *indefinido* (o no-constructivo).
- (2) Predicadores S_1, S_2, S_3 , etc., tales que, con las constantes que reemplazan a x, y, z, \dots , forman enunciados cuyo valor de verdad es invariante respecto del reemplazo de una constante por otra (tales predicadores n -ádicos podrán tomar la forma de especies, disposiciones, funciones, etc., como veremos enseguida).

- (3) Dados estos antecedentes se admite la regla *sintáctica* que nos permite pasar de una expresión de la forma proposicional ' Sx ', mediante el uso del operador de abstracción ' λ ', a la expresión separada ' S ' a través de la siguiente identidad: $S = \lambda_x.Sx$. Ello nos permitirá hablar ya no sólo de los x a los que acontece S , sino referirnos directamente a los S , como nuevas entidades teóricas.
- (4) Este procedimiento de abstracción se puede reiterar, toda vez que tengamos una relación de equivalencia entre objetos de cierto lenguaje y algún predicado que forme enunciados invariantes, respecto de su verdad o falsedad, cuando se reemplace un nombre de objeto por otro equivalente según la relación del caso.

En la realidad de la tarea científica, tal como nos la encontramos, las entidades abstractas ya se hallan presentes en la teoría y coexisten con sus "concretas" relativas. Por ejemplo, cuando queremos identificar a una determinada entidad corpórea como siendo de tal especie química, debemos poseer previamente la entidad teórica, frecuentemente compleja, respecto de cuya predicación es invariante tomar uno u otro representante de su clase de equivalencia. Dicho camino es el inverso del de la abstracción como fenómeno psíquico: tenemos S_i y queremos determinar si un cierto x (digamos a) es S . En realidad, en tanto intervengan teorías en la determinación de los abstractos - caso normal en las más diversas ciencias - éstos no surgirán en muchas ocasiones por medio de "procesos psíquicos" de abstracción más o menos incontrolables. La mayoría de los abstractos "son dados" en un estado particular de una ciencia y su control requiere la prueba de la invariancia de su predicación respecto de una clase controlada de objetos y de un sistema de predicadores limitados a los invariantes. Con ello no tendrá mucha relevancia en teoría de la ciencia la consideración de la abstracción psicológica (que va de lo concreto a lo abstracto). La abstracción será la contraparte sintáctica de las operaciones lógicas de particularización, individuación (por descripción) y subsumpción, y se introduce con el operador ' λ ', el cual, bajo condiciones precisas, permite in-

introducir entidades teóricas nuevas de un modo formal. Con ello se completa el sistema de normas que regulan el uso relativo de términos concretos y abstractos, con pasos normados de entidades teóricas de menor nivel a otras de mayor nivel y viceversa.

En lo que sigue utilizaremos una notación conjuntista, por una parte por simplicidad notacional, y por otra para distinguirla de la notación funcional que utilizamos para los términos que designan entidades "concretas" y para los primeros abstractos. La notación conjuntista aparece en las relaciones de estos primeros abstractos con los de orden superior, como veremos.

A todo abstracto S se lo puede considerar como una abreviatura de la expresión ' $\lambda x.Sx$ ', independientemente de que haya sido obtenido a partir de una teoría o "empíricamente". Del mismo modo un "concreto" x_2 será considerado como representando una descripción individual $\lambda x.A(x)$, donde A contienen algún abstracto del tipo anterior, más el sistema de características individualizantes.

Ahora introduciremos las normas que establecen las relaciones entre los usos de los términos concretos y abstractos de primer nivel, con los de segundo nivel, como 'elemento', etc.

D19 Una especie S es un *elemento en sentido absoluto* si y sólo si, para toda substancia x , si Sx , entonces x es elemental absoluta. En símbolos:

$$S \in \Sigma^a \Leftrightarrow \lambda x.Sx \rightarrow s^a x$$

Donde ' Σ^a ' es el conjunto de los elementos absolutos.

D20 Una especie S_i es una *especie componente* de la especie S_j , si y sólo si para toda substancia y existe al menos una substancia x tal que, si

$S_j y$, entonces $S_i x$ (con $S_i \neq S_j$) y x es elemental relativo (o componente) de y .

En símbolos:

$$S_i \in \Sigma(S_j) \Leftrightarrow \Lambda y \forall x. S_j y \rightarrow S_i x \& s^r xy \quad (\text{con } S_i \neq S_j),$$

donde ' $\Sigma(S_j)$ ' es el conjunto de las especies componentes, que también pudieran llamarse 'elementos relativos' respecto de una especie compuesta S_j .

D21 Una especie S_j es una especie *compuesta* de una especie S_i , si y sólo si S_i es un elemento relativo de la especie S_j . En símbolos:

$$S_j \in M(S_i) \Leftrightarrow S_i \in \Sigma(S_j).$$

Si recordamos las definiciones D18 y D20, podemos obtener la siguiente expresión equivalente para D21:

$$S_j \in M(S_i) \Leftrightarrow \Lambda y \forall x. S_j y \rightarrow S_i x \& m y x \quad (\text{con } S_i \neq S_j).$$

Deben tenerse en cuenta en las expresiones anteriores los diversos "niveles" de las expresiones que las componen. En D19, D20 y en la segunda versión de D21 nos encontramos con variables de sustancia química x , y , cuyos "valores" representan entidades concretas, reales, y expresiones como S , S_i , S_j , que representan entidades abstractas de primer nivel. Cuando hablamos de sus nombres nos movemos en el metalenguaje primero del discurso. Lo mismo acontece con expresiones tales como s^a , s^r y m en el primer nivel de abstracción. En cambio expresiones como ' Σ^a ', ' $\Sigma(S_j)$ ' y ' $M(S_i)$ ' ya son entidades abstractas de segundo nivel, fundadas en la invariancia respecto del reemplazo, en ese caso de entidades abstractas de primer nivel, que son las especies. (Al hablar de ellas "sintácticamente" el lenguaje será ya un metalenguaje sintáctico, y en las definiciones será obviamente un metalenguaje de tipo "semántico".⁹)

A partir de las definiciones anteriores no es posible deducir como válidas a ninguna de las siguientes expresiones:

* $\Lambda xVy. s^a x \rightarrow s^r xy$, o su conversa:

* $\Lambda xVy. s^r xy \rightarrow s^a x$ ni siquiera sus respectivos abstractos:

* $s_i \in \Sigma^a \rightarrow s_i \in \Sigma(s_j)$;

* $s_i \in \Sigma(s_j) \rightarrow s_i \in \Sigma^a$.

En efecto, a menos que poseamos de antemano una teoría cosmológica o química que afirme que toda substancia elemental es combinable, o por el contrario, que toda substancia componente es elemental absoluta, no podemos, desde nuestro punto de vista meramente material-analítico, negar a priori que puedan existir substancias elementales absolutas que no se combinen. Y tampoco se puede negar a priori que existan substancias componentes que no sean elementales absolutas.

Con respecto a esto último la teoría y la práctica químicas nos enseñan la falsedad de la segunda fórmula rechazada, pues infinidad de "elementos" relativos o substancias componentes no son, respecto de la teoría, elementales absolutas. Con respecto a lo primero recordamos lo discutido acerca del "éter" aristotélico y de los "gases nobles" de la química moderna.

De manera semejante puede mostrarse la invalidez de las fórmulas precedidas del asterisco de invalidez, que contienen términos de orden superior. Adviértase que, si bien existen (o existieron) teorías determinadas de las que se deducen (o dedujeron) contraejemplos para las expresiones rechazadas, aquí su invalidez sólo reposa en el uso de reglas lógicas y de definiciones formales y materiales, es decir, su invalidez se deduce de enunciados verdaderos material-analíticos, por lo que su invalidez no es em-

pírica, sino a pirori.

Lo anterior podría modificarse parcialmente si nos decidiéramos a normar la relación entre las expresiones ' $s^{r_{xy}}$ ' y ' s^a_x ' de una manera más restrictiva, a saber, considerando como sustancias elementales relativas sólo a aquellas sustancias componentes que previamente sean consideradas sustancias elementales absolutas. Esto equivale a formar la unión de todas las clases de elementos relativos y luego determinar la subclase de ella que a su vez son elementos absolutos. Tendríamos así la clase de los elementos absolutos-relativos y la unión de las clases de elementos relativos puede expresarse así:

$$\Sigma^{ar} \subset \bigcup_{s_j} (s_j)$$

Tal criterio puede argumentarse apoyándose en los hábitos científico-lingüísticos de la gran mayoría de los químicos y, no menos, en el uso que hemos podido advertir en ARISTOTELES, según el anterior tratamiento de sus textos.

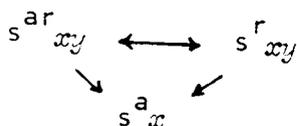
Según tal convención, si a la expresión ' x es elemental absoluta y relativa' la simbolizamos con ' s^{ar}_x ', entonces, según la convención restrictiva propuesta, obtendríamos la validez de las siguientes fórmulas:

$$\Lambda x \Lambda y. s^{ar}_{xy} \leftrightarrow s^r_{xy} ,$$

$$\Lambda x. s^{ar}_{xy} \rightarrow s^a_x ,$$

$$\Lambda x. s^r_{xy} \rightarrow s^a_x$$

La relación gráfica entre estos operadores la diagramaríamos de la siguiente manera:



La última expresión de estas tres corresponde parcialmente (falta el segundo cuantificador 'Vy') a la segunda expresión rechazada arriba. También a partir de la restricción adoptada se puede justificar:

$$S_i \in \Sigma(S_j) \rightarrow S_i \in \Sigma^{ar}$$

Por cierto, de la norma restrictiva del uso de los predicadores 's^r', que los torna extensionalmente equivalentes a los 's^{ar}', se sigue de todos modos el rechazo de las fórmulas primera y tercera de arriba precedidas por el asterisco. Por lo tanto, no podríamos, ni siquiera con la restricción admitida, defender tales fórmulas con el solo fundamento de las relaciones normativas entre predicadores de tipo material-analítico. Para su defensa requeriríamos alguna teoría específica sobre los elementos. Pero, además, las teorías de que disponemos, remotas o recientes, argumentan en contra de la aceptación de tales expresiones como tesis.

Con lo anterior hemos mostrado dos alternativas para el sistema de predicadores del caso. Ambas alternativas son admisibles. La primera, más amplia, torna rechazables a las cuatro expresiones señaladas con un asterisco, la última admitirá como tesis a algunas de ellas. Aquí nos inclinaremos a adoptar la primera de las alternativas y rechazar la equivalencia del diagrama y las cuatro expresiones con asterisco como inválidas. El criterio es formal, pues se basa en la mayor generalidad o "pobreza" informativa de la primera alternativa.

En ninguna de las alternativas mencionadas estaremos en condiciones de admitir como válido el siguiente enunciado de existencia:

* $\forall x \forall y. s^a x \& s^r xy$, o lo que es su abreviatura:

* $\forall x \forall y. s^{ar} xy$

Más aún, desde nuestro actual punto de vista material-analítico, ni si-

quiera podemos afirmar el enunciado de existencia siguiente:

* $\forall x. s^a x$.

Tal enunciado de existencia de sustancias elementales absolutas y, correspondientemente, de la admisibilidad teórica de sus correspondientes elementos absolutos, sólo podrá justificarse, o bien en el seno de una teoría científica pura, o bien a partir de un saber teórico-práctico, o bien (y ya en el seno de la filosofía) desde una determinada cosmología.

Las dos primeras de las tres últimas fórmulas rechazadas nos indican que, desde el punto de vista material-analítico que consideramos, tampoco puede asegurarse que exista una sustancia elemental absoluta que sea "combinable". Estas expresiones nos envían fuera del marco de las verdades material-analíticas.

Empero, antes de pasar al párrafo siguiente queremos insistir en algunos puntos:

- (1) Las definiciones generales material-analíticas que diéramos nos permitieron, con la ayuda de reglas lógicas, justificar como tesis a importantes expresiones de la teoría de los elementos en el sentido material-analítico señalado en el párrafo 1.2.v.
- (2) También queremos llamar la atención sobre el hecho de que en ninguna de las definiciones y tesis desarrolladas arriba aparece algún operador modal o algún aspecto disposicional. Con ello el tratamiento material-analítico general ha permanecido en el marco de un lenguaje lógico de naturaleza totalmente asertórica. Este aspecto se modificará en lo que sigue.
- (3) Nuestras versiones de las sustancias elementales y los elementos de ARISTOTELES y BOYLE admiten, en su interpretación más amplia, el sentido material-analítico de este párrafo; cosa imposible, como viéramos, en el caso de LAVOISIER. Las fórmulas rechazadas, por último, coinciden con la argumentación de BOYLE que viéramos más arriba.

- (4) Insistimos en que el criterio material-analítico general es en realidad un *metacriterio* o *criterio de selección de criterios*: en efecto, nunca son criterios de identificación de substancias o de aceptabilidad de elementos, pero nos dicen cuándo un criterio teórico o práctico de identificación de aquellos cumple con las condiciones mínimas de admisibilidad.

3.3. *Definiciones teóricas y teoremas*

Los términos modales, que hemos podido evitar en las definiciones material-analíticas generales, deberán ser introducidos en este párrafo. Ello ocurrirá en razón de que ahora los mismos términos que introdujéramos en la etapa anterior vuelven a ser redefinidos respecto de una determinada teoría (química o de otra especialidad científica) q . Lo que antes era mera regulación del uso relativo de un conjunto de predicadores, mediante la cual - con la finalidad de entendernos en una comunidad teórica - nos obligábamos a admitir o rechazar determinadas predicaciones luego de que previamente hubiéramos admitido otras, se convierte en la tarea según la cual, si de algo, a partir de una teoría q determinada, se dice un predicador, entonces (de acuerdo con las regulaciones o normas del párrafo anterior) *nos veremos obligados a admitir o negar otros predicadores respecto de q , puestos que otros predicadores han sido aceptados o negados respecto de q .*

Al iniciar esta cuestión es fundamental advertir la posición que constituye nuestro punto de partida: nos encontramos ya en el seno de una comunidad científica para la cual se encuentran vigentes, ya de antemano, una o más teorías o modelos de la región de objetos formales de su ciencia: en nuestro caso una o más teorías o modelos q acerca de los objetos corpóreos respecto de su composibilidad, decomposibilidad, etc.

Tal comunidad científica - a través de un desarrollo histórico que no nos interesa aquí - dispone, mediante las teorías ~~y~~ modelos vigentes, de *criterios teóricos* para determinar a qué denominará una mezcla, una solución, una combinación, una substancia elemental en sentido absoluto o relativo, o una substancia compuesta.

Los *críterios* para efectuar estas predicaciones son derivados de la teoría q, y estos son, para el tema que nos ocupa, las especificaciones deducidas de q que caracterizarán a una entidad corpórea como elemental absoluta, relativa o compuesta. Tales conjuntos de especificaciones son las entidades "elementos absolutos", "elementos relativos" y "especies compuestas" deducidas de (o al menos compatibles con) la teoría.

Desde la perspectiva epistemológica de una teoría ya constituida y compartida por la comunidad científica, las entidades abstractas preceden a las entidades concretas. Qué sea una especie, qué sea un elemento (en sus varios sentidos), qué sea una especie compuesta, eso nos lo dice la teoría. Por tanto, al modificarse la teoría - o el modelo - se modificarán o bien las entidades abstractas (desapareciendo unas y apareciendo otras), o bien se modificará la manera de describirlas teóricamente.

Para un determinado grado de desarrollo de la ciencia química, o física (u otra ciencia), sus elementos serán determinados mediante un cierto número de constantes que reemplazan a cierta clase de variables: como ser, en nuestro caso, el peso y el número atómico, el peso molecular, las valencias (en sus diversas especies), las disposiciones, sus leyes de composición con otros elementos, radicales o compuestos ya dados, etc.¹⁰ Este es el caso típico de una teoría química tal como la que sostiene el andamiaje de una clasificación periódica como la de MENDELEJEV y sus posteriores refinamientos.¹¹

En otra etapa de su desarrollo la caracterización de tales especies elementales en una nueva teoría q podrá consistir en sistemas de ecuaciones de onda, cuyas soluciones permitan determinar el sistema de constantes, valencias, disposiciones y leyes que eran adecuadamente determinadas en la teoría pretérita más simple.

Queremos volver a insistir en que el proceso teórico normal, es decir, con la teoría ya constituida y admitida intersubjetivamente por la comunidad teórica, principia por las entidades abstractas, como las especies, y termina por las entidades concretas o "substancias", a las que identifica según satisfagan o no un conjunto de cantidades (medidas) para

las magnitudes definitorias de la especie S en q , conjunto que será un subconjunto propio de las determinaciones cuantitativas y cualitativas que individualizan a la entidad corpórea. El procedimiento transcurre en lo esencial así: tenemos una entidad corpórea concreta x y determinamos un conjunto P de sus determinaciones individuantes (incluyendo en lo posible disposiciones, leyes de composición, etc.). Podemos afirmar entonces el enunciado $P(x)$.

Si un subconjunto $S_q = \{a_1, \dots, a_m\}$ del conjunto $P = \{a_1, \dots, a_m, \dots, b_n\}$ es una especie relativa a q , entonces, en razón de que $S_q \subset P$, podemos afirmar que:

$$T24 \quad P(x) \rightarrow S_q(x)$$

y, por lo tanto, que x es una substancia de la especie S_q . Cabe notar que $P(x)$ se obtiene por descripción (experimental, tema que aún no nos interesa), en tanto que S_q se deduce del estado actual de la teoría. Siguiendo la notación usada en párrafos anteriores podríamos decir que alcanzamos a P por abstracción a partir de $P(x)$ de la manera señalada:

$$P = \lambda x. P(x) \quad .$$

S_q se deduce en cambio de q , por lo cual la primera notación que le conviene a modo de caracterización es:

$$q \vdash S_q \quad ,$$

o lo que es su equivalente modal (por 1.3.D6'):

$$L_q S_q \quad .$$

Esto nos indica la manera en que ingresarán las modalidades en el tratamiento epistemológico de nuestro tema.

Esto nos indica la manera en que ingresarán las modalidades en el tratamiento epistemológico de nuestro tema.

No obstante la aprioridad (respecto de la empiria) de S_q , una vez que hemos afirmado $S_q(x)$ podemos volver a abstraer la expresión separada S_q mediante el operador de abstracción: $S_q = \lambda x.S_q(x)$.

Es importante advertir que, si bien S_q es deducido a partir de q a priori de la experiencia, en cambio $S_q(x)$ es un enunciado empírico, cuya verdad depende de la experiencia, pues se funda parcialmente en $P(x)$, el enunciado empírico antecedente de T24, cuya verdad o falsedad dependerá - entre otras cosas - de los márgenes de error admitidos y de la precisión de las medidas realizadas. Pero este tema corresponde ya al párrafo siguiente.

De manera análoga, mientras el enunciado $S_q^a(x)$ será un enunciado empírico parcialmente fundado en su correspondiente enunciado $P(x)$, y además en T24 y en $S_q \in \Sigma_q^a$ en cambio este último enunciado será a priori de la experiencia, sólo dependiente de la teoría q adoptada normalmente por la comunidad teórica del caso.

Con estas advertencias podemos pasar a definir el sistema de términos que nos ocuparon en el pasaje anterior, ahora respecto de una teoría química q . Consideremos primero qué forma tendrá la definición de 'substancia química respecto de q :

D22 Una entidad corpórea x es una substancia respecto de una teoría q , si y sólo si, siendo $P(x)$ y siendo S_q una *especie* respecto de q , se cumple que $S_q \subset P$.

En símbolos diríamos que se cumple $S_q(x)$, si se satisface la siguiente fórmula:

$$S_q \subset P. \rightarrow .P(x) \rightarrow S_q(x) .$$

Esta fórmula tiene la peculiaridad de reunir aspectos extensionales, como la inclusión de clases, con aspectos intensionales, como la subsumpción de x bajo los predicados correspondientes a dichas clases, aspectos que, al no tener consecuencias nocivas en su indistinción, no lo hemos distinguido notacionalmente por simplicidad.

D23 Una substancia x se dice *elemental absoluta respecto de q*, si y sólo si, si x es de la especie S_q , entonces de q se deduce que no existe una substancia y tal que y no es de la especie S_q e y es componente de x . En símbolos

$$s_q^a x \Leftrightarrow S_q x \rightarrow q \vdash \neg \forall y. \neg S_q y \& C y x \quad ,$$

Recordando D6' (1.3.) podemos reescribir la expresión anterior en términos de modalidades teóricas:

$$s_q^a x \Leftrightarrow S_q x \rightarrow L_q \neg \forall y. \neg S_q y \& C y x \quad .$$

D23 corresponde a D15 (de 3.2.). Como en aquel caso, de la definición se siguen las siguientes tesis:

$$T25 \quad \Lambda x : s_q^a x \leftrightarrow : S_q x \rightarrow L_q \neg \forall y. \neg S_q y \& C y x \quad ,$$

$$T26 \quad \Lambda x : s_q^a x \leftrightarrow : S_q x \rightarrow L_q \Lambda y. \neg \neg S_q y \& C y x \quad ,$$

$$T27 \quad \Lambda x : s_q^a x \leftrightarrow : S_q x \rightarrow L_q \Lambda y. S_q y \vee \neg C y x \quad ,$$

$$T28 \quad \Lambda x : s_q^a x \leftrightarrow : S_q x \rightarrow L_q \Lambda y. C y x \rightarrow S_q y$$

Trivialmente, recordando las equivalencias clásicas entre operadores modales y reglas elementales de lógica, obtenemos las siguientes expresiones correspondientes a T25-T28:

$$T29 \quad \Lambda x : .s_q^a x \leftrightarrow :S_q x \rightarrow -M_q \forall y . -S_q y \& C y x ,$$

$$T30 \quad \Lambda x : .s_q^a x \leftrightarrow :S_q x \rightarrow -M_q -\Lambda y . -S_q y \& C y x ,$$

$$T31 \quad \Lambda x : .s_q^a x \leftrightarrow :S_q x \rightarrow -M_q -\Lambda y . S_q y \vee -C y x ,$$

$$T32 \quad \Lambda x : .s_q^a x \leftrightarrow :S_q x \rightarrow -M_q -\Lambda y . C y x \vee \rightarrow S_q y .$$

Empero, si quisiéramos obtener las formas normales prenexas de estas tesis T25-T32, comenzarían las dificultades.¹²

Si queremos evitarlas nos quedan dos posibilidades: (1) o bien conservar la definición D23 y renunciar a mover cuantificadores y operadores modales de su lugar, (2) o bien adoptar una definición modificada, que tenga ya inicialmente a la izquierda a dichas expresiones, pero que además sea semánticamente aceptable como definición el término 'elemental absoluta respecto de q'.

Como en el caso de las definiciones generales del párrafo anterior, nos decidimos por desplazar hacia la izquierda a los cuantificadores, pero conservando a los operadores modales en el lugar que recibieron, pues nos parece que esto refleja más adecuadamente qué es lo que se exige cuando se habla de una substancia como siendo elemental absoluta respecto de una teoría q. En consecuencia, abandonamos nuestra definición anterior en beneficio de la siguiente:

D24 Para todo x y para todo y , se dice que x es una *substancia elemental absoluta respecto de q*, si y sólo si, si x es de la especie S_q , entonces se deduce de q (es necesario respecto de q) que no es el caso que y no sea S_q y conjuntamente y sea componente de x .

Esta definición permite justificar las siguientes expresiones en nuestra notación:

$$PT33 \quad \Lambda x \Lambda y : .s_q^a x \leftrightarrow :S_q x \rightarrow L_q . -S_q y \& C y x ,$$

$$PT34 \quad \Lambda x \Lambda y : .s_q^a x \leftrightarrow :S_q x \rightarrow M_q . -S y \& C y x ,$$

$$PT35 \quad \Lambda x \Lambda y : .s_q^a x \leftrightarrow :S_q x \rightarrow L_q . S_q y \vee -C y x ,$$

$$PT36 \quad \Lambda x \Lambda y : .s_q^a x \leftrightarrow :S_q x \rightarrow L_q . C y x \rightarrow S_q y ,$$

$$PT37 \quad x y : .s_q^a x \leftrightarrow :S_q x \rightarrow .C y x \prec_q S_q y ,$$

donde ' \prec_q ' es la implicación estricta de LEWIS respecto de q . Numerosas tesis se deducen a partir de las anteriores.

D25 Para todo x y para todo y , se dice que x es una *substancia elemental relativa* (o *substancia componente*) de y respecto de q , si y sólo si, si x es de la especie S_q , entonces se deduce de q que y no es de la especie S_q y que x es *substancia componente* de y .

Esta definición permite justificar las siguientes tesis:

$$PT38 \quad \Lambda x \Lambda y : .s_q^r x y \leftrightarrow :S_q x \rightarrow L_q . -S_q y \& C y x ,$$

$$PT39 \quad \Lambda x \Lambda y : .s_q^r x y \leftrightarrow :S_q x \rightarrow L_q . -C x y \vee S_q y ,$$

$$PT40 \quad \Lambda x \Lambda y : .s_q^r x y \leftrightarrow :S_q x \rightarrow L_q . C x y \rightarrow S_q y ,$$

etc., etc. Compárense las PT38-PT40 con las PT33, PT35 y PT36 y adviértase el cambio operado en el orden de los argumentos del operador diádico 'C', y las restantes diferencias formales (el operador binario ' s_q^r ' y la diferencia en una negación).

D26 Para todo x y para todo y , se dice que y es un *compuesto de x respecto de q* , si y sólo si, si x es de la especie S_q , entonces se

deduce de q que y no es de la especie S_q y que x es componente de y .

Como el definiens de D26 es idéntico al definiens de D25, de PT38-PT40 se obtienen otras tantas tesis con sólo reemplazar en estas fórmulas el término ' $s_q^r xy$ ' por el término ' $m_q yx$ '. De igual manera, la identidad de los definiens permite afirmar:

$$T41 \quad m_q yx \leftrightarrow s_q^r xy .$$

Como ya señaláramos anteriormente, las definiciones de los términos abstractos correspondientes no dependen ya meramente de una regulación material-analítica del uso relativo de predicadores en el lenguaje en cuestión, sino que dependen de que se los deduzca como tales a partir de la teoría o modelo q . Que sea elemento absoluto se deducirá de la teoría, del mismo modo de qué sea elemento relativo o especie compuesta. Decir que la especie S_q pertenece al conjunto de los elementos absolutos de q , implica que previamente, a partir de q , se ha deducido dicho carácter para S_q , lo que nos bastará para estar facultados a afirmar ' $S_q \in \Sigma_q^a$ '. Tal deducción no tiene porqué ser en todos los casos no trivial: por el carácter reflexivo de la relación de deducción, si en una teoría o modelo q existe una lista de elementos absolutos, con las constantes, disposiciones y leyes que los caracterizan, es trivial "deducirlos" por mera repetición, según el esquema $A \vdash A$. Por ello es que podemos simplemente escribir del siguiente modo a las definiciones teóricas de los elementos absolutos, relativos y a las especies compuestas:

$$D27 \quad S_q \in \Sigma_q^a \Leftrightarrow q \vdash S_q^a \quad (\text{elemento absoluto respecto de } q)$$

$$D28 \quad S_{iq} \in \Sigma_q(S_{jq}) \Leftrightarrow q \vdash C^1 S_{iq} S_{jq} \quad (\text{elemento relativo o especie componente respecto de } q),$$

$$D29 \quad S_{jq} \in M_q(S_{iq}) \Leftrightarrow q \vdash C^1 S_{iq} S_{jp} \quad (\text{especie compuesta respecto de } q).$$

La relación binaria C' se lee de manera semejante a la ya conocida relación C : '...es especie componente de---'. La diferencia estriba en que con C nos referíamos a *substancias*, en tanto que con C' nos referimos a *especies*. Esta diferencia semántica, que implica que en el primer caso hablamos de entidades reales, y en este segundo caso de entidades teóricas abstractas, es lo que se señala con la diferencia gráfica de los signos.

Como las definiciones D28 y D29 tienen obviamente el mismo definiens, se puede admitir la siguiente tesis:

$$T42 \quad S_{jq} \in M_q(S_{iq}) \leftrightarrow S_{iq} \in \Sigma_q(S_{jq}) \quad ,$$

que es la tesis correspondiente a T41 entre las entidades abstractas consideradas

Alguien quizás intentaría, recordando el caso de las definiciones material-analíticas generales del párrafo 3.2, definir los dos primeros términos abstractos de la siguiente manera:

$$S_{iq} \in \Sigma_q^a \Leftrightarrow \exists x. S_{qx} \rightarrow s_{qx}^a \quad ,$$

$$S_{iq} \in M_q(S_{jq}) \Leftrightarrow \exists y \forall x. S_{jqy} \rightarrow S_{iqx} \& s_{qx}^r \quad (\text{Con } S_{iq} \neq S_{jq}).$$

Pero ello es - cuando ya estamos instalados en una teoría - un procedimiento engañoso, toda vez que podemos definir nuestras entidades abstractas a partir de q . Repitamos una vez más que, cuando estamos instalados en una teoría, *las entidades abstractas preceden teóricamente a las entidades reales*, entre otras razones porque son ellas las que nos dan los *criterios* para reconocer a entidades reales como siendo de tal o cual naturaleza. Esto no niega que en el desarrollo *histórico* de la ciencia que nos condujo a q haya habido momentos empíricos y abstracciones (en ambos sentidos, lógico y psicológico) que nos condujeron paulatinamente al presente sistema de entidades abstractas, pero ello no modifica lo dicho: *respecto de q $S_{iq} \in \Sigma_q^a$ precede teóricamente a S_{qx} , etc.*

Hemos considerado en primer lugar los términos material-analíticos generales y, a continuación, sus correspondientes términos teóricos. Ahora nos preguntamos: ¿en qué sentido son verdaderos los enunciados definicionales y aquellos otros que se deducen lógicamente de las definiciones en una teoría q ? La respuesta surge del examen de las modificaciones que hemos introducido en dichos enunciados.

La primera y más obvia diferencia consiste en que, en los enunciados material-analíticos generales no aparecían operadores modales, en tanto que en los enunciados en que aparecen términos teóricos respecto de q tenemos operadores de posibilidad y necesidad teóricos (o equivalentemente condicionales estrictos), y ello explícitamente en el caso de los términos que se dicen de las sustancias, e implícitamente en los que se dicen de las especies. Tales operadores de necesidad, por ejemplo, sólo traducen al lenguaje modal la relación de deducibilidad ' \vdash ' en la teoría q .

La segunda diferencia consiste en el *criterio* para determinar cuándo una entidad corpórea es una sustancia química, una sustancia elemental, absoluta o relativa, etc. Del mismo modo diferirá el criterio para determinar cuándo una entidad *teórica* es un elemento, absoluto o relativo, etc. Del mismo modo diferirá el criterio para determinar cuándo una entidad *teórica* es un elemento, absoluto o relativo, etc. En todos los casos se da ahora una *dependencia de una teoría o modelo* q . Al modificarse la teoría se pueden modificar las especies, los elementos, las sustancias etc. En razón de ello hemos utilizado sistemáticamente el subíndice ' q ' para señalar que dichos términos se dicen tales sólo respecto de una cierta teoría q determinada.

Observemos ahora *lo que no se ha modificado* al pasar de las definiciones generales de las teóricas: como en las primeras el conjunto de definiciones dadas *norma* el uso relativo de los distintos términos, aunque ahora dichas reglas se limitan al uso de sus términos en una teoría específica q , en tanto que en el caso general las reglas se enunciaban en un lenguaje inespecífico, previo a toda restricción teórica. Concedemos que tal caso "previo a toda teoría química" (por ejemplo) es un caso ideal, aunque en el mismo sentido que otras ficciones, como la de un "gas ideal", o de un "cueru

po negro'', etc., ficciones fructíferas sin las cuales muchas teorías físicas difícilmente se hubieran desarrollado tanto. Nuestra situación 'previa a toda teoría química es pues, como aquellas, una *ficción metateórica*, epistemológicamente reconocida como tal. Puede advertirse su razonabilidad sin embargo, si se la hace sinónima de la expresión 'previa a toda teoría química (o cosmológica) *explícita*'.

En consecuencia, como en el caso anterior, obtenemos mediante estas definiciones un sistema articulado de normas que regulan el uso relativo de los términos considerados. Por lo tanto estas definiciones, y las tesis que de ellas derivan con ayuda de la lógica, serán - como las anteriores - *material-analíticas*, *a priori* en el sentido de no ser refutables por enunciados elementales. Pero también serán *empíricas*, en el sentido amplio de que tales normas se pueden modificar históricamente al modificarse el contexto teórico, lo que hemos enfatizado mediante la constante referencia a una teoría o modelo q determinado.

Observemos además otra cosa que se ha modificado: algunas de las definiciones *ya no son meramente material-analíticas* en el sentido compatible con la "empiría" del desarrollo teórico histórico. En especial las definiciones de los términos teóricos abstractos poseen, al menos por su referencia a q , además un carácter hipotético-deductivo, pues qué sean, cuántas sean y cuáles sean las especies químicas, los elementos absolutos, etc., se deduce de una determinada teoría (parcialmente) hipotética acerca de la estructura fina de la materia.

En nuestra circunstancia histórica reciente ha sido generalmente aceptada la hipótesis de la constitución atómica de la materia, con sus partículas subatómicas correspondientes, su distribución cuantizada en el átomo (aunque exista la versión correspondiente de ecuaciones de onda y numerosos modelos complementarios alternativos), etc. Pero ello es modificable en la medida en que contiene un núcleo hipotético, conjetural, más o menos vasto.

En resumen, las definiciones teóricas de los términos que nos ocupan pueden caracterizarse más precisamente así:

- (1) Conservan su carácter de definiciones normativas material-analíticas.
- (2) Dicho carácter se matiza ahora por el contenido "empírico", ligado al núcleo hipotético de la teoría q en la que se enuncian y su consecuente desarrollo histórico.
- (3) El carácter hipotético-deductivo de algunas entidades abstractas es especialmente importante, como la de las listas de elementos de las clasificaciones periódicas, que en sus detalles dependen de numerosos contenidos conjeturales de los modelos físico-químicos sobre la estructura fina de la materia.
- (4) Finalmente es de notar la estructura modal de las definiciones teóricas con su uso de necesidades y posibilidades teóricas.

13

14

3.4. *Definiciones teórico-prácticas y teoremas*

El término 'teórico-práctico' lo empleamos aquí como sinónimo de 'técnico'. Sentidos semejantes o próximos se mientan con términos tales como 'experimental' y 'operacional'. Todo "saber" teórico-práctico se funda al menos parcialmente en una teoría "pura" determinada. Todas nuestras "ciencias naturales" poseen cierto carácter híbrido teórico-práctico, incluso la astronomía hasta cierto punto. Por cierto esta última es el saber científico-natural más extenso y complejo de nuestros días que tiene el menor contenido de "saber de dominio" (*qua* saber astronómico, pues en sentido indirecto son muchos los logros técnicos útiles que surgen del desarrollo de las técnicas de observación astronómica: logros encontrados, no buscados, ejemplos de una curiosa "astucia de la razón"). También es la astronomía la ciencia en la que en menor medida podemos "construir experimentos" en el sentido usual de la física y la química, pero en la que, de todos modos, se puede - y en forma extremadamente compleja - "construir la observación".

En todas las ciencias naturales hay alguna medida de saber de dominio, hay construcción de la experiencia, en el sentido de experimento o al menos en el sentido de observación, hay desarrollo, buscado o no, de técnicas.

Hay un "construir", un "operar" técnico más o menos matematizado,

que se introduce también en las normas implícitas en la definición de los términos de estas ciencias. Por ello es que, cuando consideremos desde este ángulo a los términos que nos ocupan, los caracterizaremos adecuadamente si hablamos de 'definiciones operacionales'.¹³ Ahora ya no supondremos un saber teórico puro q , sino un *saber teórico-práctico* p que incluya como parte propia a un saber teórico q . Las modalidades que ahora utilizaremos ya no serán las teóricas, sino las teórico-prácticas, de las que adelantáramos dos versiones.¹⁴ En nuestro caso la posibilidad práctica, en sus dos especies, se refiere a la posesión de técnicas, completas o incompletas, de análisis y síntesis química. Una definición teórico-práctica o experimental de sustancia química tomaría entonces la siguiente forma:

D30 Una entidad corpórea x es una *sustancia respecto de p*, si y sólo si, si se ha *identificado experimentalmente* que posee el conjunto de determinaciones P , y siendo S_p una *especie respecto de p*, se cumple que $S_p \subset P$. (Compárese con la definición D22 de más arriba.)

La definición de *sustancia elemental absoluta respecto de p* será la siguiente:

D31 Para todo x y para todo y , se dice que x es una *sustancia elemental absoluta respecto de p*, si y sólo si, si x ha sido identificada experimentalmente como siendo de la especie S_p , entonces no *existe ningún procedimiento en p* para obtener una sustancia y tal que y no sea de la especie S_p e y sea conjuntamente componente de x .

Según las definiciones D8 y D9 de las posibilidades prácticas, decir que *no existe ningún procedimiento en p* para alcanzar a , equivale a decir que alcanzar a es *prácticamente (técnicamente) imposible en p*. De esta definición se dejan derivar las siguientes tesis:

PT43 $\forall x \forall y : S_p^a x \leftrightarrow : S_p x \rightarrow \neg M_p \neg S_p y \& C y x$,

$$PT44 \quad \Lambda x \Lambda y : : s_p^a x \leftrightarrow :S_p x \rightarrow L_p \cdot \neg S_p y \& C y x \text{ ,}$$

$$PT45 \quad \Lambda x \Lambda y : : s_p^a x \leftrightarrow :S_p x \rightarrow L_p \cdot S_p y \vee \neg C y x \text{ ,}$$

$$PT46 \quad \Lambda x \Lambda y : : s_p^a x \leftrightarrow :S_p x \rightarrow L_p \cdot C y x \rightarrow S_p y$$

$$PT47 \quad \Lambda x \Lambda y : : s_p^a x \leftrightarrow :S_p x \rightarrow \cdot C y x \prec_p S_p y \text{ .}$$

(Donde ' \prec ' es el signo de implicación estricta de LEWIS.)

La definición D31 habrá de cotejarse con la anterior D24. De igual manera, la siguiente definición de substancia elemental relativa (o substancia componente) habrá de cotejarse con la anterior D25:

D32 Para todo x y para todo y , se dice que x es una *substancia elemental relativa* (o *substancia componente*) de y respecto de p , si y solo si, si x ha sido identificada experimentalmente como siendo de la especie S_p , entonces en p existe por lo menos un procedimiento para identificar a y como no siendo de la especie S_p y a x como componente de y .

La expresión 'existe al menos un procedimiento de p ' se interpreta en sentido modal práctico (cf. párrafo 1.3.) como 'es prácticamente (técnicamente) posible en p '. A partir de esta definición se justifican las siguientes tesis:

$$PT48 \quad \Lambda x \Lambda y : : s_p^r x \leftrightarrow :S_p x \rightarrow M_p \cdot \neg S_p y \& C x y \text{ ;}$$

$$PT49 \quad \Lambda x \Lambda y : : s_p^r x \leftrightarrow :S_p x \rightarrow M_p \cdot \neg C x y \vee S_p y \text{ ,}$$

$$PT50 \quad \Lambda x \Lambda y : : s_p^r x \leftrightarrow :S_p x \rightarrow \neg L_p \cdot C x y \rightarrow S_p y \text{ .}$$

Es importante comparar las tesis PT48-PT50 con las PT43-PT46, y con

sus correspondientes meramente teóricas PT38-PT40. En las tesis acerca de las sustancias elementales teórico-prácticas aparece el operador de posibilidad práctica como fundamental, pues lo que permite considerar como prácticamente posible a cierto estado de cosas final es la posesión de un procedimiento técnico de identificación de una sustancia, de análisis y síntesis. Los operadores de necesidad que aparecen en estas fórmulas con el subíndice p son también operadores modales prácticos.

La última de las tesis es particularmente clara en su lectura: decir que x es elemental relativa a y respecto de p es decir que estamos en posesión de un saber experimental p que nos permite asegurar que Cxy no implica necesariamente que también y sea de la especie de S_p correspondiente a x . Reemplazando en PT50 L_p y \rightarrow por la implicación estricta de LEWIS (relativa a p), tendremos una tesis de forma aún más clara:

$$PT51 \quad \Lambda x \Lambda y : : s_p^r x \leftrightarrow : S_p x \rightarrow -. Cxy \prec_p S_p y .$$

Ahora se observa claramente que, salvo los subíndices, los pares de tesis PT15 y PT47 por un lado, y PT18 y PT51 por el otro, sólo difieren en que la implicación material de las primeras de cada par se ha convertido en una implicación estricta respecto de un saber teórico-práctico p .

D33 Para todo x y para todo y , se dice que y es un compuesto de x respecto de p , si y sólo si, si x ha sido identificada experimentalmente como siendo de la especie S_p , entonces en p existe por lo menos un procedimiento para identificar a y como no siendo de la especie S_p y a x como componente de y . (Compárese con la definición D26.)

Como el definiens de D33 es idéntico al definiens de D32, se obtienen inmediatamente las tesis correspondientes a PT48-PT51, que por lo tanto podemos obviar. Lo que aquí nos interesa es poner de resalto la siquiente equivalencia lógica, que surge de esa identidad entre los definiens:

T52

$$m_p yx \leftrightarrow s_p^r xy .$$

Las definiciones de los términos abstractos en p presentan una dificultad adicional. Es razonable suponer que si p es un saber teórico-práctico como el de las ciencias naturales contemporáneas, aunque su componente "teórica pura" sea inseparable - o de muy dificultosa separación -, de todos modos está contenida en esa espesa trama teórico-práctica que es p de modo tal que, aunque la relación clásica de inclusión no refleje adecuadamente el modo de ser del aspecto teórico q en la trama teórico-práctica p , por las caracterizaciones de los "saberes" en juego se puede empero admitir que:

$$\Delta p \vee q . q \subset p \quad (\text{Compárese con T5, párrafo 1.3.}).$$

Habiendo admitido esta tesis podríamos considerar adecuado definir los términos abstractos de p haciendo referencia sólo a su aspecto teórico q , por ejemplo de la siguiente manera:

$$S_p \in \Sigma_p^a \Leftrightarrow S_p \in \Sigma_q^a ,$$

$$S_{ip} \in \Sigma_p(S_j) \Leftrightarrow S_{iq} \in \Sigma_q(S_j) \quad (\text{con } S_{jp} = S_{jq}) ,$$

$$S_{jp} \in M_p(S_i) \Leftrightarrow S_{jq} \in M_q(S_i) \quad (\text{con } S_{ip} = S_{iq}) .$$

Sin embargo tenemos otra posibilidad que nos parece más adecuada (aunque sea más compleja) y que consiste en definir incluso estos términos abstractos en sentido teórico-práctico, agregando a las identidades anteriores el aspecto experimental:

D34 Una especie S_p pertenece a la clase Σ_p^a de los elementos absolutos respecto de p , si y sólo si S_p pertenece a la clase Σ_q^a -con $q \subset p$ - y si para todo x y para todo y , si x es S_{ip} , entonces es imposible en p que y sea $-S_{ip}$ y que y sea componente de x . En símbolos:

$$S_{ip} \in \Sigma_p^a \Leftrightarrow S_{ip} \in \Sigma_q^a \& : \Lambda x \Lambda y : S_{ip} x \rightarrow -M_p . -S_{ip} y \& C y x .$$

De ésta se sigue inmediatamente:

$$T53 \quad S_{ip} \in \Sigma_p^a \leftrightarrow S_{ip} \in \Sigma_q^a \& : \Lambda x \Lambda y : S_{ip} x \rightarrow L_p . C y x \rightarrow S_{ip} y ,$$

$$T54 \quad S_{ip} \in \Sigma_p^a \leftrightarrow S_{ip} \in \Sigma_q^a \& : \Lambda x \Lambda y : S_{ip} x \rightarrow . C y x \leftarrow S_{ip} y .$$

La definición correspondiente a 'elemento relativo' se hace de manera semejante:

$$D35 \quad S_{ip} \in \Sigma_p (S_j) \Leftrightarrow S_{ip} \in \Sigma_q (S_j) \& \Lambda y \forall x . S_{jp} y \rightarrow S_{ip} x \& s_p^{rxy} \\ \text{(con } S_{ip} \neq S_{jp} \text{)} .$$

Por su parte la definición de 'especie compuesta' será la siguiente:

$$D36 \quad S_{jp} \in M_p (S_i) \Leftrightarrow S_{ip} \in \Sigma_p (S_j) .$$

Recordando T52 obtenemos de las dos últimas definiciones las siguientes equivalencias:

$$T55 \quad S_{ip} \in \Sigma_p (S_j) \leftrightarrow S_{ip} \in \Sigma_q (S_j) \& : \Lambda y \forall x . S_{jp} y \rightarrow S_{ip} x \& s_p^{rxy} ,$$

$$T56 \quad S_{jp} \in M_p (S_i) \leftrightarrow S_{jp} \in M_q (S_i) \& : \Lambda y \forall x . S_{jp} y \rightarrow S_{ip} x \& m_p^{yx} , \text{ en} \\ \text{ambos casos con } S_{ip} \neq S_{jp} .$$

Adviértase que en D35, a diferencia de lo que acontece en D34, y en T55 y T56, no aparecen explícitamente operadores modales. Si se recuerdan empero las definiciones D31-D33, y las tesis que de ellas se siguen, se advertirá que las expresiones ' s_p^{rxy} ' y ' m_p^{yx} ' ya las contienen implícitamente.

Otra variante de las definiciones D34 y D35 hubiera consistido en prescindir, en cada caso, del primer miembro de la conjunción del definiens, de la siguiente manera:

$$S_{ip} \in \Sigma_p^a \Leftrightarrow \Lambda x \Lambda y : S_{ip} x \rightarrow \neg M_p \cdot S_{ip} y \& C y x ,$$

$$S_{ip} \in \Sigma_p(S_j) \Leftrightarrow \Lambda y \forall x . S_{jp} y \rightarrow S_{ip} x \& s_p^r x y , \text{ en ambos casos}$$

con $S_{ip} \neq S_{jp}$.

Empero las definiciones más complejas que diéramos en D34 y D35 son más estrictas, pues exigen el cumplimiento de ambos términos del definiens. Eso significa que, para que una cierta especie sea, por ejemplo, elemental absoluta respecto de un saber teórico-práctico p, *no basta* con que sea *teóricamente* elemental-absoluta, sino que se exige además que toda substancia que se reconozca como siendo de esa especie, sea *prácticamente imposible de descomponer* en otras substancias de especies diferentes con los métodos disponibles de análisis. Con ello, en cuanto se acrecentasen las posibilidades prácticas de análisis (de modo que el análisis de la substancia del presunto elemento teórico-práctico permitiera identificar componentes específicamente diferentes), perderíamos el derecho a seguir considerándolo elemento absoluto en sentido teórico-práctico.

En un caso tal tendríamos dos salidas: (1) o bien modificar la teoría q de manera tal que el elemento práctico desechado deje de serlo también en sentido teórico, (2) o bien modificar nuestros criterios de demarcación entre lo que consideramos un método de análisis perteneciente a p y los que no le pertenecen. En el caso que nos ocupa podríamos eliminar de la química por convención ciertos procedimientos de análisis (por ejemplo los análisis por espectrografía de masas, por difusión gaseosa o por ultracentrifugación) y asignárselos a la física, la cual, desde el nacimiento de la física atómica se ha transformado cada vez más en una ciencia de identificación y análisis (de substancias, especies, elementos *subquímicos*, si es que conservamos una demarcación convencional entre ambas cien-

cias fundada en los métodos de análisis). Respecto de esto recordamos lo discutido en el capítulo segundo, especialmente cuando se considera el caso LAVOISIER.

En el párrafo 1.3. habíamos distinguido entre modalidades prácticas de primera y de segunda especie. En el que concluimos, en cambio, cuando definimos los términos en cuestión sólo hicimos referencia a un saber teórico-práctico p , sin especificar si su aspecto práctico era de primera o segunda especie, es decir, si sus procedimientos de medida y experimentación suponen técnicas *suficientes* de identificación, análisis, síntesis, etc., o bien si además admite técnicas *insuficientes*, "en desarrollo".

La diferencia es importante, pues de ella dependerá parcialmente el tipo de criterio de verificación o falsación que admitan los enunciados derivados de las normas del uso relativo de los términos en cuestión. Si se admitiera que los procedimientos técnicos a utilizar fueran insuficientes o incompletos (con lo que muchas identificaciones, análisis, muchos cambios químicos simplemente no se completarían técnicamente), entonces los enunciados definicionales y sus derivados conservarían:

- (1) su carácter de *verdades material-analíticas*,
- (2) su condición *modal práctica (de segunda especie)* y
- (3) la naturaleza *hipotética-deductiva (falsable)* de muchos enunciados acerca de entidades concretas y abstractas, como por ejemplo la lista teórica de elementos.

Em cambio, si se exige que todas las técnicas de identificación, análisis, etc., sean *suficientes*, entonces las modalidades utilizadas serán de primera especie y la situación se modificará en el sentido de que ahora las normas que regulan las relaciones entre los términos en juego serán *material-sintéticas*.

Por ejemplo, en el caso de la definición de sustancia elemental absoluta respecto de p deberá existir un procedimiento completo de identificación de la sustancia x como siendo de determinada especie, y deberá darse el caso de que, luego de haber agotado todo el arsenal de instrumentos y procedimientos de análisis químicos, no sea posible separar un compo-

nente y que sea de especie diferente de la especie de x . Todo este procedimiento complejo, una vez completado y revisado dentro de los límites de tolerancia admitidos en la comunidad científica, son un *fundamento suficiente* como para considerar *verificado* el enunciado que dice: ' x es una substancia elemental absoluta respecto de p '.

Esta verificación se refiere al modo de ser de una entidad corpórea, por ello el enunciado será *materialmente verdadero*. Pero la verificación depende de las normas contenidas en el saber teórico-práctico p , las que determinan de antemano el instrumentarium, los procedimientos, los errores admisibles, etc., por lo que la verificación dependerá de dichas normas en p , que son, para cada estado particular de desarrollo científico, *a priori de la experiencia* (al modificarse el saber teórico-práctico pueden modificarse las normas y lo verificado puede dejar de serlo, y viceversa, en lo que se refiere a la verificación fundada en normas). Además la verdad así obtenida será una verdad sintética. Por lo tanto concluiríamos que la proposición mencionada será, respecto de p , *material-sintética a priori*. Aquí es esencial enfatizar la expresión 'respecto de p ', pues los fundamentos de la verificación se encuentran en el sistema de normas de construcción de las experiencias admisibles en p . Al modificarse p , se modificarán presumiblemente las normas y , por lo tanto, podrá perderse el carácter de verdad material-sintética de un enunciado respecto de un nuevo saber teórico-práctico.

3.5. *Conclusión*

Hemos intentado dar una versión lo más amplia posible de las definiciones de ARISTOTELES y BOYLE (una vez eliminadas sus dificultades lógicas), que admitiera desde la interpretación material-analítica general hasta la interpretación material-sintética en sentido estricto. En el caso de LAVOISIER vimos que la interpretación obligatoria (salvo matices extraídos de otras citas) es la teórico-práctica, en tanto que la de MENDELEJEV es de carácter típicamente teórico, aunque, en la medida en que su saber químico es teórico-práctico y cuenta con métodos de identificación y análisis de

substancias (pero éstos son *insuficientes* para hacer disponibles en su momento a algunos elementos teóricos predichos) la podríamos considerar también como teórico-práctica de segunda especie. Esta es la calificación más fuerte que se podría dar a la clasificación baroatómica de MENDELEJEV en los tiempos de su invención, cuando las técnicas disponibles no alcanzaban para detectar e identificar substancias de todos los elementos teóricos predichos.

Una caracterización de los elementos, las especies compuestas, las substancias elementales, etc., tal como aparece predominantemente en LAVOISIER es la más fuerte desde el punto de vista epistemológico, en el sentido de que permite asignar a sus enunciados verdaderos el carácter de "material-sintéticos a priori respecto de p", pero es también, en otro sentido, la más débil, pues es estéril.

Una caracterización teórica, o teórico-práctica de segunda especie, como la de MENDELEJEV, es - en punto a la verificación de sus enunciados - más débil, por alcanzar a constituir sólo enunciados material-analíticos. Empero, desde el punto de vista de la motivación de la investigación, es más fértil. Como veremos, tal tipo de teoría de los elementos es la que predomina en la actualidad, al menos en lo que concierne a la física atómica.

- - - - -

Notas al capítulo tercero

1. La profesora Adriana GALLEGO nos proporcionó el siguiente texto, tomado de BURIDAN, *Subtilissimae quaestiones super octo physicorum libros Aristotelis*, liber ii, q. iv, f. 31b:
"...haec nomen "elementum" significat materiam respective ad id quod est ex eo compositum et constitutum, ideo hec (haec) nomina "natura" et "elementum" non sunt nomina de predicamento "substantiae" sed de predicamento "adaliquid" (relación), contenta sub hoc nomine causa vel principium..."

2. *De mundo* 392a5 (tratado pseudo-aristotélico)
3. Cf. por ejemplo, CHURCH, op. cit., p. 172, KLEENE, op.cit., p. 149, y PUYAU-ROETTI, op. cit., p. 107.

4. Las formas normales prenexas de T11 y T12 son las siguientes:

$$PT11 \quad \Lambda x \Lambda y V z : : s^a x \rightarrow : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx : \& : Sx \rightarrow \dots -Sz \& Cz x : \rightarrow s^a x$$

$$PT12 \quad \Lambda x \Lambda y V z : : s^a x \rightarrow : Sx \rightarrow .Suv -Cux : \& : Sx \rightarrow .Szv -Czx : \rightarrow s^a x$$

La deducción de PT11 a partir de T11 es como sigue:

1. $\Lambda x : : s^a x \rightarrow \Lambda y : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx : \& \Lambda x : \Lambda y : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx \rightarrow s^a x$ de T11, def. de bicondicional y equivalencia cuantificacional;
2. $\Lambda x : : s^a x \rightarrow \Lambda y : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx : \& \Lambda y : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx : \rightarrow s^a x$, de 1, y equivalencias cuantificacionales respecto de $\&$;
3. $\Lambda x : : \Lambda y : : s^a x \rightarrow : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx : \& \forall y : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx : \rightarrow s^a x$ de 2 y equivalencias cuantificacionales,
4. $\Lambda x : : \forall y : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx : \rightarrow s^a x : \& \Lambda y : : s^a x \rightarrow : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx$, de 3 y conmutación de $\&$,
5. $\Lambda x \Lambda y : : \forall y : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx \rightarrow s^a x : \& : s^a x \rightarrow : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx$, de 4 y equivalencia cuantificacional,,
6. $\Lambda x \Lambda y : : s^a x \rightarrow : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx : \& \forall z : Sx \rightarrow \dots -Sz \& Cz x : \rightarrow s^a x$, de 5., conmutación de $\&$ y reescritura de y/z ,
7. $\Lambda x \Lambda y V z : : s^a x \rightarrow : Sx \rightarrow \dots -Sy \& Cyx : \& : Sx \rightarrow \dots -Sz \& Cz x : \rightarrow s^a x$, de 6 y equivalencia cuantificacional.

La deducción de PT12 se realiza análogamente a partir de T12, o bien a partir de PT11, mediante reemplazo de equivalencias, conmutación de $\&$ y def. de condicional.

5. T10 degeneraría en la expresión $\Lambda x . s^a x \leftrightarrow -\forall y Cyx$, T11 y T12 en $\Lambda x : s^a x \leftrightarrow \Lambda y -Cyx$, PT11 y PT12 en $\Lambda x \Lambda y s^a x \rightarrow -Cyx . \& . -Czx \rightarrow s^a x$ y PT13 y PT 14 degenerarían en $\Lambda x \Lambda y . s^a x \leftrightarrow -Cyx$.
6. Téngase presenta la tesis del cálculo proposicional

$p \rightarrow \neg .q \rightarrow r : \rightarrow .p \& q \rightarrow \neg r$ y sustitúyase en ella p/Sx , q/Cxy y r/Sy y asígnese los valores admitidos a sus componentes.

7. Para el tema de la abstracción en sentido lógico y matemático cf. LORENZEN (1), especialmente párrafo 2, pp. 15-7, LORENZEN (2), pp. 194ss. y especialmente pp. 199, 220-1, y ANGELELLI, op. cit.
8. Cf. SEABORG (1) y (2).
9. Véase MARTIN, op.cit., caps. iv y ss.
10. Para los temas ley y disposición véase especialmente RESCHER (1), caps. vii y viii.
11. Cf. por ejemplo KNIGHT, op.cit., SCHONLAND, op.cit. y SEABORG (1). Este último especialmente para el estado actual de la cuestión de las clasificaciones periódicas.
12. En primer lugar, si quisiéramos mover el cuantificador ' Λy ' hacia la izquierda en T25-T28, deberíamos aceptar como válida a la equivalencia

$$L\Lambda x.A \leftrightarrow \Lambda x.LA.$$

La primera parte de esta equivalencia ($L\Lambda x.A \rightarrow \Lambda x.LA$) no es problemática, pues se puede deducir en una teoría modal cuantificacional tan débil como el sistema T-cuantificacional (es decir, una lógica cuantificacional de primer orden con los axiomas modales $Lp \rightarrow p$ y $L.p \rightarrow q : \rightarrow .Lp \rightarrow Lq$, y la regla de "necesitación" (*necessitation rule*)). En cambio la segunda parte, es decir, la fórmula $\Lambda x.LA \rightarrow L\Lambda x.A$, es equivalente, respecto del sistema T-cuantificacional, a la fórmula de Barcan:

$$MVx.A \leftarrow Vx.MA .$$

En general consideraremos inadmisibles a la fórmula de BARCAN y sus equivalentes, salvo en el caso de una interpretación muy restringida y determinada de las modalidades, y de una muy cuidadosa restricción en los dominios de interpretación de las variables de individuo. (Véase para ello LORENZEN (2), p. 140.)

Todos sabemos que los términos modales son equívocos, de modo que para cada interpretación hay que buscar, o construir, el sistema modal que satisfaga a las fórmulas modales verdaderas en dicha interpretación. Dicho de otra manera: es nuestra opinión que, en la aceptación de una determinada *teoría* modal - que comprenda un cálculo formalizado y una semántica - el factor decisivo es el *aspecto semántico* o modelo y no el aspecto sintáctico y formalismo.

En segundo lugar, si quisiéramos mover el operador de necesidad ' L_q ' hacia la izquierda, no podríamos hacerlo, pues ninguno de los dos condicionales que componen el bicondicional

$$L.p \rightarrow q. \leftrightarrow .p \rightarrow Lq$$

es válido.

13. Cf. KNIGHT, op.cit., pp. 40 y 146.
14. Véase el párrafo 1.3. de este trabajo y nota 11 del cap. I.

Conclusión

Elementos "cosmológicos" y elementos hipotéticos

En todas las discusiones anteriores no nos han acarreado problemas las aserciones de existencia de "substancias elementales relativas" o substancias componentes, como tampoco las aserciones acerca de la existencia de "substancias compuestas". Las cuestiones de detalle de este problema no son consideradas aquí.¹ Sólo sea dicho en este punto que el problema mencionado es resoluble. La existencia de "substancias elementales absolutas" respecto de un determinado saber teórico q, o teórico-práctico p, tampoco ha constituido una gran dificultad.

El problema en realidad se plantea cuando se postula alguna tesis ontológica o gnoseológica, o una tesis sintética ontológico-gnoseológica, respecto de la realidad o irrealidad de dichas substancias elementales absolutas, o acerca de la alcanzabilidad de un conocimiento apodíctico acerca de la existencia, identificación y caracterización de tales substancias, o de su inexistencia, etc. Las posibilidades de tesis son pues, en principio, numerosas. En todos los casos debe entenderse que la dificultad de fundamentación surge cuando se afirma una tesis suficientemente fuerte (desde el punto de vista modal) *con independencia de todo saber teórico q o teórico-práctico p.*

A las substancias elementales absolutas (no relativas a un saber hipotético q o p) y presuntamente reales, nos permitiremos denominar 'substancias elementales absolutas *cosmológicas*', pues serían las últimas substancias reales del cosmos. Del mismo modo, las especies de dichas

substancias elementales absolutas serían los elementos absolutos del cosmos, elementos que, concordantemente, podríamos denominar 'cosmológicos'.

A continuación expondremos algunas formas típicas que pueden tomar las tesis ontológicas y/o gnoseológicas respecto de tales substancias y elementos absolutos.

Una tesis ontológica afirmativa "fuerte" sonaría aproximadamente así:

- (1) "Existen substancias simples elementales absolutas, no resolubles en otras substancias de especie diferente, con independencia de toda teoría hipotética."

Esta tesis, que podríamos denominar "elementarismo cosmológico absoluto" postula también las correspondientes especies de tales substancias, que hemos denominado 'elementos cosmológicos'. La forma de tal tesis recuerda la de algunos teoremas "clásicos" de existencia en matemática, como los de la teoría ingenua (o aún axiomática) de conjuntos, o como muchos de la aritmética. Ya los griegos habían demostrado que la sucesión de los números primos era infinita (potencial), mediante una clásica demostración por reducción al absurdo; en cambio la afirmación de que "existe un número primo que es mayor que todo otro número primo" es una aserción típicamente no constructiva (si se supusiera un primo transfinito). De todos modos una tesis como la (1) sería defendible si pudiera darse una demostración por reducción al absurdo a partir de la tesis contradictoria (o a partir de alguna contraria), previa demostración de que en este caso la deducción por reducción al absurdo es una regla válida de inferencia.

La tesis ontológica contradictoria de (1), igualmente una tesis "fuerte", es la siguiente:

- (2) "No existen substancias simples (elementales absolutas) independientemente de alguna teoría hipotética. Toda substancia es analizable, es decir, a lo sumo elemental relativa. No hay elementos cosmológicos absolutos: todo elemento cosmológico es relativo.

Esta tesis podría denominarse "relativismo cosmológico elemental". Su aserción y defensa supone además la posesión de una demostración de existencia desde un fragmento de cosmología apodíctica previamente construída, desde la cual se deduzca, por ejemplo por reducción al absurdo con las garantías exigidas en el caso anterior, la tesis mencionada.

Podemos también introducir, además de las anteriores, toda una sucesión de tesis gnoseológicas acerca de las substancias elementales absolutas cosmológicas"

(3) "Está demostrada la existencia de substancias elementales absolutas cosmológicas."

Esta última implica obviamente a (1).

(4) "Están individualizadas todas las especies (elementos) de substancias cosmológicas."

Obviamente (4) implica a (3), pero no a la inversa; por lo tanto es aquella una tesis más fuerte que la última mencionada. Hasta aquí el esquema de las implicaciones será: (4) \vdash (3) \vdash (1).

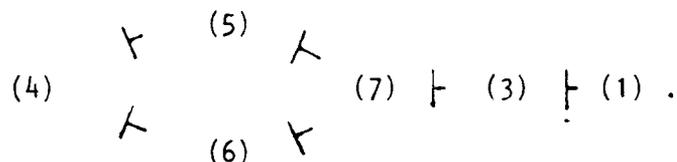
(5) "Está individualizada al menos una especie (elemento) de substancias elementales absolutas cosmológicas."

La sucesión de inferencias será entonces: (4) \vdash (5) \vdash (3) \vdash (1).

(6) "Están suficientemente caracterizados todos los elementos cosmológicos."

(7) "Está suficientemente caracterizado al menos un elemento cosmológico."

Las relaciones deductivas entre estas seis tesis gnoseológicas se puede representar de la siguiente manera"



Se pueden escribir las tesis contrarias y contradictorias de las anteriores y determinar sus relaciones de inferencia, lo que nos proporcionaría esquemas semejantes al anterior.

Es claro que una tesis de la forma "Está demostrada la inexistencia

de substancias elementales absolutas cosmológicas" será la contraria de (3), pero no su contradictoria. La trama de las tesis posibles es vasta y compleja en sus articulaciones deductivas.

Varias cosas son claras: (i) el carácter modal teórico de las tesis que contiene expresiones tales como "está demostrado", pues éstas son traducibles por "es necesario" en algunas teorías modales. Expresiones tales como "está individualizado", "está suficientemente caracterizado", etc., también se pueden reducir a formas de necesidad teórica con diferente fuerza relativa (no en razón de su estructura modal, sino de su contenido informativo). (ii) Las tesis "ontológicas" fuertes (1) y (2) son asertóricas, pero en un diálogo teórico, quien defienda alguna de ellas, se verá obligado a presentar una demostración, es decir, una tesis necesaria. (iii) Todas las tesis presentadas son "fuertes", como lo son también sus contrarias. La razonabilidad de un intento de defensa de alguna de ellas, con posibilidad de éxito, parece más allá de los límites del conocimiento apodíctico accesible al entendimiento humano. (iv) Las tesis (4) y (6) son un ejemplo: su fortaleza estriba en que afirman el carácter conclusivo, cerrado del sistema de los elementos cosmológicos. Tales tesis, que recuerdan los universos previos a los de la ciencia moderna y a los dos, tres, cuatro o cinco elementos de las cosmologías antiguas, son las más osadas e irrazonables, pues el sistema de elementos, en las cosmologías físicas hipotéticas de nuestro tiempo, permiten pensar sin contradicción en un *sistema al menos provisoriamente abierto* de los elementos y las substancias elementales absolutas hipotéticas, paralelo al mundo abierto de la nueva dinámica y astronomía de los tiempos modernos.²

Lo más razonable en estas cuestiones parece ser aceptar tesis ontológicas y gnoseológicas "débiles", como por ejemplo las siguientes:

- (8) "Es posible que existan substancias elementales absolutas cosmológicas." (Corresponde a (1) con un operador de posibilidad.)
- (9) "Es posible demostrar la existencia de substancias elementales absolutas cosmológicas." (Corresponde a (3), idem.)

Se puede seguir con las expresiones correspondientes a las restantes tesis de la primera serie, y con sus subcontrarias del tipo "es posible que no...". Es importante señalar que aquí nos encontramos con tesis subcontrarias, es decir, que pueden ser ambas verdaderas: tanto la posibilidad de la existencia, como la posibilidad de la inexistencia son compatibles, y ambos enunciados pueden ser verdaderos respecto de la teoría.

De las tesis débiles hemos tomado las positivas, dejando las negativas a la imaginación del lector. Entre las positivas la de mera existencia (8) es más débil que las gnoseológicas (9) y subsiguientes. En realidad no tenemos fundamentos para asegurar la posibilidad de la demostración de la existencia de sustancias elementales absolutas "cosmológicas", es decir, independientes de toda teoría acerca de este tema, que no sean de naturaleza más o menos hipotética. Esta parece ya una tesis demasiado fuerte como para ser propuesta en un diálogo teórico con posibilidades de victoria.

Consideramos además que, a pesar de que podría presentarse conjuntamente con (8) su subcontraria "Es posible que no existan...", la aserción de (8) es más razonable, aún sobre el minúsculo fundamento que enseguida propondremos.

Todo lo anterior nos aconseja limitarnos a la muy débil tesis ontológica (8), junto con las tesis de existencia y demostración de *existencia relativa* de sustancias elementales absolutas respecto de teorías q, o de saberes teórico-prácticos p, con un contenido más o menos hipotético. Nuestra defensa de la verdad del enunciado (8) de *posibilidad* reposa en poco más que en la necesidad de la razón de escapar al vértigo de la resolución infinita de las sustancias en otras sustancias de especies siempre diferentes. En poco más que en las dificultades de pensar un compuesto sin sustancias elementales. En poco más que en argumentos tales como los del tipo "es preciso detenerse...", "debe haber un primero en la sucesión de la composición", (de las causas, etc.), que nos son clásicamente conocidos, sobre todo en las vías para la demostración de la existencia de Dios. Tales argumentaciones no son viciosas, pero no son demostrativas en el sentido lógico del término: por muy "absurdas" que nos parezcan sus negaciones, tales absurdos

son sólo de índole psíquica y corresponden sólo a nuestra capacidad limitada, que nos impide *representármolas*, pero no testimonian un *absurdo lógico* que desemboque en contradicción. El valor de tales argumentaciones que recurren a la necesidad de detenerse o a la necesidad de un primero, es el de ser "razonables", "plausibles", y en tal sentido defendibles en un diálogo retórico en el sentido moralmente admisible (es decir racional dialógico) de la palabra³, capaz de convencer acerca de lo razonable.

En el mismo sentido concebimos la defensa de (8), y no conocemos ninguna defensa adecuada que esté disponible para su subcontraria, ni para las restantes tesis gnoseológicas "débiles", ni para sus correspondientes tesis "fuertes".

Aceptada como razonable la tesis (8) nos quedan las asertadas a lo largo de este estudio, que dividimos en material-analíticas generales, teóricas y teórico-prácticas. Las primeras dependían solamente de las regulaciones dialógicas comunitarias, del uso relativo de los predicadores en juego; las segundas agregaban la existencia teórica de substancias elementales absolutas en sentido hipotético: si las hipótesis fundamentales de la teoría fuesen verdaderas, entonces existirían substancias elementales absolutas, que serían aquellas cuyas especies (elementos absolutos respecto de q) se deducen en la teoría. Las terceras agregaban el aspecto práctico, experimental, constructivo de la experiencia, con sus condiciones a priori. En el primer caso no se enuncia nada respecto de la existencia de substancias elementales absolutas; en los dos restantes casos se afirma la existencia de ellas, pero una existencia *relativa* a un saber teórico q, o a uno teórico-práctico p.

La dirección de la fundamentación en estos dos últimos casos es precisa: de q ó de p se deducen y se describen las características de al menos algunas entidades teóricas que se consideran elementos absolutos y a partir de éstas se baja para definir a sus substancias elementales absolutas correspondientes. En el caso experimental se intenta la identificación dentro de los márgenes de error admisibles por el desarrollo teórico-experimental dis-

ponible.

Tales elementos y tales sustancias elementales absolutas, en la medida en que son relativos a saberes que contienen una cuota ineludible de conjetura, pueden por ello ser denominados de aquí en más '*elementos absolutos hipotéticos*' y '*sustancias elementales absolutas hipotéticas*' (respecto de un determinado saber q o p).

Tales elementos y sustancias elementales absolutos hipotéticos son por cierto compatibles con un "elementarismo cosmológico a absoluto", pero son también independientes de tal tesis. La mejor adecuación parece darse entre nuestra teoría hipotética desarrollada a lo largo del estudio y la tesis débil (8).

En efecto, quien sea prudentemente escéptico (crítico) respecto de la capacidad de la razón para decidir cuestiones cosmológicas⁴, puede no obstante admitir tanto las definiciones material-analíticas - general y teórica - como la definición material-sintética de sustancia elemental absoluta *en sentido hipotético* a saber: si hubiera sustancias corpóreas específicamente irresolubles en sustancias corpóreas de especies diferentes, entonces, de acuerdo con la norma que regula los usos de los predicadores en cuestión, dichas sustancias serían elementales absolutas y sus especies elementos absolutos. Lo mismo puede afirmarse de las restantes definiciones, normas y sus consecuencias, es decir, del conjunto de tesis que hemos expuesto a lo largo de estas páginas.

Todo ello es particularmente claro en el caso de las definiciones material-analíticas generales, pero es extensible también a las restantes. El escéptico podría aceptar por cierto la "existencia teórica" de sustancias elementales absolutas respecto de un saber hipotético q o p , sin tener que aceptar como verificada su "existencia real", pues la existencia teórica sólo significa *deducción* a partir de una teoría, y una deducción que incluye en sus fundamentos no solamente a la presunta parte apriorística de la teoría, sino también su parte *hipotética*. La existencia "teórica" se simboliza como sigue:

$$q \vdash \forall x.s_q^a x, \quad \text{o bien} \quad p \vdash \forall x.s_p^a x,$$

lo que sólo nos dice que de la teoría q , o de la teoría p , se deduce la existencia (teórica) de sustancias elementales, pues si no se supusiera su existencia la teoría no podría predecir ni explicar lo empíricamente existente. (Una forma más débil de lo anterior sería la de exigir solamente la compatibilidad de la existencia de sustancias elementales absolutas con la teoría, aunque ésta, de todos modos, permitirá deducir en su seno a elementos absolutos hipotéticos. Tal es, por ejemplo, el caso de los "elementos teóricos" de la física atómica contemporánea que están colocados más allá del elemento 106, cuya existencia es compatible con la teoría y puede darse por un largo período de tiempo en alguna "isla de estabilidad" para números atómicos mayores.⁵⁾

Tales existencias teóricas o teórico-prácticas serán aceptables para el escéptico relativo o "prudente". En cuanto a las sustancias elementales absolutas cosmológicas, que simbolizamos con ' $s_c^a x$ ', podemos decir que de las teorías de tipo parcialmente hipotético q o p *no se deduce su inexistencia*. Expresando esto en nuestro simbolismo:

$$\therefore q \vdash \neg \forall x.s_c^a x, \quad \text{o bien} \quad \therefore p \vdash \neg \forall x.s_c^a x,$$

o bien en términos modales:

$$M_q \forall x.s_c^a x \quad \text{o bien} \quad M_p \forall x.s_c^a x,$$

lo cual sólo afirma la compatibilidad de las teorías existentes con la posible existencia cosmológica de sustancias elementales absolutas. Esto es aceptable también para el escéptico relativo o prudente en materia cosmológica y metafísica, es decir, para el filósofo crítico, que es aquel ser humano que tiene consciencia de los límites de aplicación apodíctica del entendimiento humano.

Notas a la conclusión

1. El tratamiento de este tema correspondería a un trabajo sobre síntesis química o, más generalmente, sobre la noción de "cambio químico", el cual excede sobradamente el propósito de nuestra tarea presente.
2. Cf. SEABORG, (1) y (2) .
3. Cf. RESCHER (2) .
4. Recuérdese, como ejemplo análogo de un límite de aplicación del uso crítico de la razón teórica, a la segunda antinomia kantiana de la *Crítica de la razón pura* (B 301, 10 a 307, 38). Los antecedentes históricos de las antinomias pueden encontrarse en AL-AZM, op. cit.; la segunda antinomia es considerada en pp. 46-85.
5. Cf. SEABORG (1), y en forma menos desarrollada puede verse también en SEABORG (2).

Símbolos y abreviaturas

1. *Símbolos de la lógica de primer orden*

$p, q, r, \dots, p_1, p_2, \dots, p_n, \dots$	Variables de enunciado.
$x, y, z, \dots, x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$	Variables de individuo (aquí representan habitualmente substancias químicas).
$F, G, H, \dots, F_1, F_2, \dots, F_n, \dots$	Letras predicativas n-ádicas (con n mayor o igual a 1).
$\Lambda x, \Lambda y, \dots, \Lambda x_1, \Lambda x_2, \dots, \Lambda x_n, \dots$	Cuantor universal.
$Vx, Vy, \dots, Vx_1, Vx_2, \dots, Vx_n, \dots$	Cuantor existencial .
-	Negación.
$\&$	Conjunción.
\vee	Adjunción (disyunción inclusiva).
\rightarrow	Subjunción (condicional filónico).
\leftrightarrow	Bisubjunción (equivalencia material).
\in	Pertenencia conjuntista.
\supset	Inclusión impropia.
\subset	Inclusión estricta.
λ	Operador de abstracción
\dots	
ι	Descriptor.
$f_1, f_2, \dots, f_n, \bar{f}_1, \bar{f}_2, \dots, \bar{f}_n$	Funciones proposicionales y sus negaciones (otras letras predicativas).

2. *Símbolos de la lógica modal*

$L, L_t, L_q, L_p, L_p^1, L_p^2, \dots$	Operadores de necesidad lógica, teórica (t y q), de necesidad práctica (p), práctica de primera y de segunda especie.
---	---

$M, M_t, M_q, M_p, M_p^1, M_p^2, \dots$

Operadores de posibilidad lógica, teórica (t y q), práctica (p) de primera y de segunda especie.

$\prec, \prec_t, \prec_q, \prec_p$

Implicaciones estrictas lógica, teóricas (t y q) y práctica (p).

3. Símbolos metalógicos

$A, B, C, A_1, A_2, \dots, A_n, \dots$

Letras para fórmula bien formada

p/A

Sustitución de p por A.

$\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n, \dots$

Metavariables para cuantores.

$\vdash, \vdash_t, \vdash_q, \vdash_p$

Símbolo de deducción.

$\Leftrightarrow, \Leftrightarrow_d$

Símbolo de definición

*

Rechazo (LUKASIEWICZ)

1, 0

verdadero, falso.

4. Símbolos especiales

s^a, s_q^a, s_p^a

"Es substancia elemental absoluta (respecto de q, de p)"

s^r, s_q^r, s_p^r

"Es substancia elemental relativa (respecto de q, de p)".

$s^{ar}, s_q^{ar}, s_p^{ar}$

"Es substancia elemental absoluto-relativa (respecto de q, respecto de p)".

m, m_q, m_p

"Es substancia compuesta (respecto de q, respecto de p)".

$S, S_1, S_2, \dots, S_i, S_j, \dots$

Especies.

$\Sigma^a, \Sigma_q^a, \Sigma_p^a$

Clase de los elementos absolutos (respecto de q, de p).

$\Sigma(S_j)$, $\Sigma_q(S_j)$, $\Sigma_p(S_j)$

$M(S_i)$, $M_q(S_i)$, $M_p(S_i)$

Cxy

$C^i S_i S_j$

Clase de los elementos relativos a S_j (respecto de q , de p).

Clase de las especies compuestas relativas a S_i (respecto de q , respecto de p).

" x es (substancia) componente de y ".

" S_i es (especie) componente de S_j ".

5. *Abreviaturas*

bf, fbf,

cap., caps.,

com.

D, d, Df. df,

parr.

Reescr.

"bien formada (fórmula)."

capítulo, capítulos.

conmutación.

definición.

párrafo.

Regla de reescritura de variable ligada de individuo.

Bibliografía

- AL AZM, Sadik J.: *The origins of Kant's arguments in the Antinomies*, Oxford, Clarendon Press, 1972.
- ANGELELLI, Ignacio: "Abstraction, Looking-Around and Semantics", *Akten des Symposions der Leibniz-Gesellschaft: Die intensionale Logik bei Leibniz und in der Gegenwart* (Hannover, 10.-11. Nov. 1978) Wiesbaden, Franz Steiner Verlag, 1979, S. 108-23.
- ARISTOTELES (1): *Aristotle's Metaphysics*, Oxford, Clarendon Press, 1958, 2 vols. Texto revisado con introducción y comentario de W.D. ROSS.
- (2): *La metafísica*, Bari, Laterza, 1959, al cuidado de Armando Carlini.
- (3): *La metaphysique*, París, J. Vrin, 1964, 2 vols. Nueva edición con comentarios de J. TRIGOT.
- (4): *Metafísica*, Madrid, Gredos, 1970, 2 vols. Edición trilingüe de Valentín GARCIA YEBRA.
- (5): *Metafísica*, Buenos Aires, Sudamericana, 1978. Traducción del griego, introducción, exposiciones sistemáticas e índices de Hernán ZUCCHI.
- (6): *The works of Aristotle*, vol. ii, Oxford, Clarendon Press, 1930 (reimpr. 1954), traducido al inglés bajo la dirección de W.D. ROSS. *Physics*, por R.P. HARDIE y R.K. GAYE; *De caelo*, por L.J. STOCKS; *De generatione et corruptione*, por H.H. JOACHIM.
- (7): *Traité du ciel (suivi du traité pseudo-aristotélicien du monde)*, París, J. Vrin, 1949. Traducción y notas de J. TRICOT.
- (8): *On the heavens*, Cambridge/Londres, Harvard University Press/William Heinemann Ltd., 1960. Texto y traducción por W.K.C. GUTHRIE.
- (9): *De caelo*, Firenze, Sansoni, 1962. Introducción, texto y notas de Oddone LONGO.
- (10): *Du ciel*, París, Les belles lettres, 1965. Texto fijado y traducido por Paul MORAUX.

- (11): *On sophisticated refutations - On coming-to be and passing-away - On the cosmos*, Cambridge/Londres, Loeb Classical Library, Harvard University Press/William Heinemann Ltd., 1965.
- (12): *Aristotelis categoriae et liber de interpretatione* recognovit brevisque adnotatione instruxit L. MINIO PALUELLO, Scriptorum classicorum bibliotheca oxoniensis, Oxonii e typographeo Clarendoniano, 1949 (reedición de 1978).
- (13): I. *Catégories* - II. *De l'interprétation*, París, J. Vrin, 1969. Nueva traducción y notas de J. TRICOT.
- (14): *Les météorologiques*, París, J. Vrin, 1941. Nueva traducción y notas de J. TRICOT.
- (15): *Meteorologica*, Cambridge/Londres, Loeb Classical Library, Harvard University Press/William Heinemann Ltd., 1952 (2da. edición 1962).
- (16): *Parva naturalia*, París, J. Vrin, 1951. Nueva traducción y notas de J. TRICOT.
- (17): *Obras completas*, Madrid, Aguilar, 1973 (2da. ed.).
- BACHELARD, Gastón: *Le rationalisme appliqué*, París, P.U.F., 1949 (4ta. ed. 1970).
- BARNARD, A.K. (1) y MANSELL, A.L.: *Fundamentos de química física*, Bilbao, Urmo, 1967.
- BARNARD, A.K. (2): *Química inorgánica*, Bilbao, Urmo, 1968.
- BOLZAN, Juan E. (1): "Un capítulo olvidado en la historia de la química: Aristóteles", *Anuario Humanitas* (1969), Centro de Estudios Humanísticos, Universidad de Nuevo León, México, pp. 85-106.
- , ----- (2): *Continuidad de la materia*, Buenos Aires, Eudeba, 1973.
- , ----- (3): "La ciencia en Aristóteles: algunos contenidos concretos", *Conferencias Cifina 1976*, Buenos Aires, Cifina-Conicet, 1977, pp. 9-31.
- BOS, A.P.: *On the elements. Aristotle's early cosmology*, Assen, van Gorcum & Co., 1973.
- BOUSSOULAS, N. - I: *L'etre et la composition des mixtes dans le "Philebe" de Platon*, París, P.U.F., 1952.

- BOYLE, Robert: *The works*, Hildesheim, Georg Olms Verlagsbuchhandlung, 1965.
Reproducción de la edición de 1771, editada por Thomas Birch, con introducción de Douglas Mc Kie.
- CALDIN, E.F.: *The structure of Chemistry*, Londres/Nueva York, Sheed y Ward, 1961.
- CROMBIE, I.M.: *Análisis de las doctrinas de Platón*, Madrid, Alianza, 1979, 2 vols.
- CHURCH, Alonso: *Introduction to mathematical logic*, vol. i, Princeton, Princeton University Press, 1956 (5ta. reimpresión).
- DIES, A.: *Autour de Platon. Essai de critique et d'histoire*, París, Les Belles Lettres, 1972 (2da. ed. revisada y corregida).
- GARRETT, A., LIPPINCOTT, W.T. y VERHOCK. F.H.: *Chemistry. A study of matter*, Waltham (Mass.), Blaisdell Publ. Co., 1968.
- KANT, Immanuel: *Kritik der reinen Vernunft*, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1975 (4ta. reimpresión de la ed. 1956).
- KLEENE, S.C.: *Introduction to metamathematics*, Amsterdam, North-Holland Pub. Co., 1969 (5ta. reimpresión).
- KNIGHT, D.M.: *Atoms and elements. A study of theories of matter in England in the nineteenth century*, Londres, Hutchinson, 1967.
- LAVOISIER, A.: *Elements of chemistry*, Nueva York, Dover, 1965 (reproducción de la traducción inglesa de R. KERR, Londres, W. Creech, 1790, con nueva introducción de D. McKIE).
- LE BLOND, J.M.: *Logique et méthode chez Aristote. Etude sur la recherche des principes dans la physique aristotélicienne*, París, J. Vrin, 1973 (3ra. ed.; 1ra. ed.: 1939).
- LORENZEN, P. (1): *Differential und Integral. Eine Konstruktive Einführung in die klassische Analysis*, Frankfurt, Akademische Verlagsgesellschaft, 1965.
- , -. (2). y SCHWEMMER, O.: *Konstruktive Logik, Ethik und Wissenschaftstheorie*, Mannheim, Bibliographisches Institut, 1975 (1ra. ed.: 1973).
- MARTIN, R.M.: *Verdad y denotación*, Madrid, Tecnos, 1962.
- PARTINGTON, J.R.: *A history of chemistry*, Londres, Macmillan, 1960-1970, 3 vols.

- PIAGET, J. (ed.): *Logique et connaissance scientifique*, París, Gallimard, 1967.
- PLATON (1): *The Timaeus of Plato*, Nueva York, Arno Press, 1973. (Reimpresión de la edición de ARCHERHITID de 1888).
- (2): *Filebo*, en *Obras completas*, Madrid, Aguilar, 1966.
- POPPER, C.R.: *The logic of scientific discovery*, Londres, Hutchinson, 1959.
- PRELAT, C.E.: *Epistemología de la química (Fundamentación observacional)*, Buenos Aires, Espasa-Calpe, 1947.
- PRIMAS, H.: *Foundations of theoretical chemistry*, Nueva York, Plenum Press, 1980 (N.A.T.O., 1979).
- PUYAU, H.A.-ROETTI, J.A.: *Introducción a la lógica matemática*, Buenos Aires, Eudeba, 1976.
- RESCHER, N. (1): *A theory of possibility*, Oxford, Basil Blackwell, 1976.
- , -. (2): *Dialectics. A controversy-oriented approach to the theory of knowledge*, Albany, State-University of New York, 1977.
- RIAZA MORALES, J.M.: *Ciencia moderna y filosofía. Introducción físico-química y matemática*, Madrid, B.A.C., 1961.
- ROETTI, J.A. (1): "Modalidades teóricas y prácticas I", *Diálogos* 36 (1980), Puerto Rico, pp. 131-52.
- , --. (2): "Modalidades teóricas y prácticas II", *Diálogos* 37 (1981), Puerto Rico, pp. 49-70.
- , --. (3): "Elementos de teoría modal teórico-práctica I: conceptos fundamentales", *Revista de la Sociedad Argentina de Filosofía* 2 (1982), pp. 91-117.
- , --. (4): "Semántica modal práctica", *Actas del tercer congreso nacional de filosofía*, Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, Vol. ii, pp. 385-92.
- SCHELLING, F.W.J.: *Werke*, tomo ii.
- SCHONLAND, B.: *The atomists (1805-1933)*, Oxford, Clarendon Press, 1968.
- SCHUHL, P.-M.: *La obra de Platón*, Buenos Aires, Hachette, 1956.
- SEABORG, G.T. (1): "The new elements", *American Scientist*, vol. 68, nro. 3, mayo-junio 1980, pp. 279-89.
- SEABORG, G.T. (2) y BLOOM, J.L.: "The synthetic elements: IV", *Scientific American*, vol 220, nro. 4, abril 1969, pp. 56-67.

- SEECK, Gustav A.: *Über die Elemente in der Kosmologie des Aristoteles.*
Untersuchungen zu 'De generatione et corruptione' und 'De caelo',
Munich, Zetemata, cuaderno 34, C.H.Beck, 1964.
- VERA, F, (ed.): *Científicos griegos*, Madrid, Aguilar, 1970, 2 vols.

I N D I C E

	Página
Introducción.....	1
1. Instrumental teórico.....	7
1.1. Algunos temas de lógica subyacente.....	7
1.2. Clasificación de los enunciados según sus criterios de contrastación.....	17
1.3. Modalidades teóricas y prácticas.....	25
Notas.....	31
2. Algunos antecedentes históricos del concepto de elemento y de conceptos afines, con especial atención en su interpretación química.....	34
2.1. Antecedentes epistemológicos recientes.....	36
2.2. Intentos de definición del término 'elemento'.....	41
2.2.1. Platón.....	42
2.2.2. Aristóteles.....	45
2.2.3. Teofrasto.....	55
2.2.4. Comentario.....	56
2.2.5. Boyle.....	57
2.2.6. Lavoisier.....	62
2.2.7. Otros.....	68
2.2.8. Reflexiones sobre el desarrollo histórico esbozado.....	74
Notas.....	77
3. Criterios de definición del término 'elemento' y de sus términos afines.....	88
3.1. Notación.....	91
3.2. Definiciones material-analíticas generales y teoremas.....	96
3.3. Definiciones teóricas y teoremas.....	111
3.4. Definiciones teórico-prácticas y teoremas.....	122
3.5. Conclusión.....	130
Notas.....	131

	<i>Página</i>
<i>Conclusión: Elementos "cosmológicos" y elementos hipotéticos....</i>	135
<i>Notas.....</i>	143
<i>Símbolos y abreviaturas.....</i>	144
<i>Bibliografía.....</i>	147
<i>Indice.....</i>	152

