




---



---

**COLABORACIONES**


---



---

# SEMANTICA Y FILOSOFIA DE LA CIENCIA

MIGUEL ANGEL QUINTANILLA

—Salamanca—



## 1. El enfoque semántico en la actual teoría de la ciencia.

Los diversos planteamientos actuales en teoría de la ciencia, al menos los que predominan en el área lingüística anglosajona, pueden agruparse en torno a tres grupos principales. Nos referimos a ellos con las denominaciones de concepción analítica clásica, concepción pos-analítica, y concepción semántica de la filosofía de la ciencia.

La concepción analítica clásica es característica del movimiento del empirismo lógico. La figura más representativa de esta línea de pensamiento es Carnap. Podemos considerarla clásica por el hecho de que el conjunto de problemas, teorías e instrumentos y estilos de trabajo que en esta concepción predominan se encuentran presentes en el resto de los planteamientos actuales, bien sea para ser asumidos, modificados o criticados.

Esta filosofía clásica de la ciencia está en gran parte calcada del modelo de la metamatemática y su tarea fundamental es reconstruir la estructura lógica de las teorías científicas de acuerdo con el ideal de la unidad de la ciencia. Sus componentes básicos son el método de reconstrucción axiomática de las teorías científicas en el marco del lenguaje formal de la lógica (predominantemente de la lógica clásica), la distinción en los lenguajes de la teoría empíricas entre términos (y enunciados) teóricos y términos (y enunciados) observacionales, y finalmente el conjunto de tesis epistemológicas (fenomenalismo, empirismo, etc.) con las que se intenta resolver el problema de las relaciones entre el lenguaje de las teorías y la realidad a la que se refieren (1).

La irrupción, en la década de los sesenta, de la que aquí llamamos filosofía pos-analítica de la ciencia, ha permitido poner de relieve una serie de características del enfoque clásico que ahora son vistas como limitaciones del mismo. Las dos limitaciones más importantes y generales son la reducción de las teorías científicas a entidades lingüísticas y la limitación de la problemática meta-científica al llamado contexto de justificación (2).

Karl Popper ha contribuido, más que ningún otro autor, a introducir en el marco de preocupaciones de la teoría de la ciencia, el problema del cambio y del desarrollo científico. Pero esto, por sí sólo, no ha llevado a trascender las limitaciones de la concepción analítica clásica. El desarrollo científico se ha tratado en el marco de tal concepción como un problema lógico, bien sea me-

( 1 ) En F. SUPPE, *The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories*, que constituye una extensa introducción a la obra *The Structure of Scientific Theories* (University of Illinois Press, Urbana, Chicago, London, 1974), editada por el mismo Suppe, se ofrece un buen panorama de las teorías de la ciencia más importantes en la actualidad. Lo que aquí llamamos concepción analítica clásica, coincide bastante aproximadamente con la «concepción heredada» (*received view*) de que habla Suppe. Un buen resumen de este trabajo puede encontrarse en D. RIBES, *Panorámica actual de la filosofía de la ciencia. Estructura interna de teorías y cambio científico*, en *Teorema* VI, 3-4 (1976) 359-425.

( 2 ) Cfr. J. MUGUERZA: Nuevas perspectivas en la filosofía contemporánea de la ciencia, *Teorema* 3 (1971) 25-60; La teoría de las revoluciones científicas (Una revolución en la teoría contemporánea de la ciencia), Introducción a la edición castellana de I. LAKATOS y A. MUSGRAVE (eds.) *Criticism and the Growth of Knowledge* (Cambridge University Press, 2/72), de Grijalbo (Barcelona 1975). También: M. A. QUINTANILLA, *Hacia una teoría postanalítica de la ciencia*, en *Revista de Occidente* (septiembre 1974), recogido ahora con modificaciones en *Ideología y ciencia*, Valencia 1976 (cap. II).

dian­te los diversos intentos de reconstrucción de una ló­gica inductiva, bien a través de la metodología falsacionista estrictamente popperiana. En ambos casos el problema del desarrollo científico se plantea como un problema de relaciones de confirmación, corroboración o falsación, entre diversos tipos de enunciados. Ciertamente la obra de Popper no se puede asimilar de forma comple­ta a una simple variante accidental de la concepción analítica clásica. Su insistencia en el carácter fundamentalmente metodológico y normativo, no analítico, de la teoría de la ciencia, su insistencia en el carácter teórico de todos los enunciados científicos, y su concepción general del racionalismo crítico van más allá de las posibilidades contempladas por la concepción analítica clásica. Y con sus aportaciones precisamente ha dado pie al surgimiento de lo que aquí llamamos filosofía pos-analítica de la ciencia.

Entre las figuras más significativas de la nueva concepción pos-analítica (y pospopperiana) de la filosofía de la ciencia figuran Th. S. Kuhn (3) y P. K. Feyerabend (4). Las aportaciones más significativas, para lo que aquí nos interesa, son las siguientes:

1) La ciencia aparece como una empresa compleja, no reducible a su dimensión estrictamente lingüística (que, sin embargo, no se niega), sino inserta en el resto de la cultura y de las actividades sociales, y dotada de un carácter esencialmente dinámico y autotransformador.

2) Adquiere una importancia especial el problema del cambio de significado de los términos y proposiciones científicas a lo largo del desarrollo de la ciencia.

El reto que plantean las teorías de Kuhn y Feyerabend a la filosofía de la ciencia (y que comparten con autores como Hanson (5), y Toulmin (6), el último Lakatos (7), es el reto de la propia racionalidad del cambio científico y, paralelamente, el del estatuto filosófico de la propia teoría de la ciencia.

Por lo que se refiere al significado de los términos y proposiciones científicas la situación se presenta de la siguiente manera: se trata de un problema no ajeno a la concepción analítica clásica, en especial en los planteamientos de Carnap, a partir de sus primeros estudios de semántica. Pero la semántica de la ciencia disponible en esta tradición no está preparada para dar cuenta de la

(3) T. S. KUHN, *The Structure of Scientific Revolutions*, (Chicago University Press, 2ª 1970).

(4) P. K. FEYERABEND, How to be a Good Empiricist., en *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. III (University of Minnesota Press, 1962) 28-97. Versión castellana en *Cuadernos Teorema*, Valencia.

(5) N. R. HANSON, *Patterns of Discovery*, (Cambridge University Press, 1958). Versión castellana en Alianza Universal, Madrid.

(6) S. TOULMIN, *Human Understanding*, Part. I (Clarendon Press, Oxford 1972); versión castellana en Alianza Universidad, Madrid.

(7) I. LAKATOS, Falsification and The Methodology of Research Programs, en I. LAKATOS y A. MUSGRAVE, *Criticism... o.c.*, y *History of Science and Its Rational Reconstruction*, en *Proceeding of the 1970 Meeting, Philosophy of Science Association* (Reidel Publishing Co., Dordrecht 1971) 91-136. Vers. cast. incluida en la traducción de I. LAKATOS y A. MUSGRAVE, o.c., (Grijalbo, Barcelona 1975)

evolución científica: toda la teoría del desarrollo científico se asienta en el supuesto de la invariancia del significado de los términos científicos. Este presupuesto es implícitamente compartido también por Popper, para quien el desarrollo de la ciencia sigue una especie de línea progresiva continua (desde la ameba hasta Einstein) aunque tortuosa (a través de ensayos y errores); y es criticado precisamente por Feyerabend y por Kuhn que postulan la inconmesurabilidad semántica de los términos de una teoría T y otra T' cuando T' es el producto de una revolución científica operada en el campo de T (Kuhn).

La concepción semántica en filosofía de la ciencia se ha desarrollado paralelamente a la concepción pos-analítica, pero manteniendo una más estrecha vinculación con el espíritu, al menos, de la concepción analítica clásica. En especial se comparte con esta última el uso de métodos formales y de la reconstrucción axiomática de las teorías científicas. Por otra parte la insistencia de Popper en el carácter teórico de todos los enunciados científicos ha llevado a abandonar la distinción tradicional absoluta entre términos teóricos y términos observacionales, sustituyéndola por una distinción, contextualizada en relación con una teoría dada, entre aquellos términos que funcionan como teóricos para la teoría en cuestión y aquellos que se consideran no teóricos en relación con la misma teoría (lo que no implica que no puedan ser teóricos en una teoría previa o diferente). Por lo que se refiere al problema del contenido empírico o factual de las teorías científicas, en la concepción semántica se abandona también toda pretensión de resolverlo median-



te cualquiera de las tesis epistemológicas predominantes en la concepción clásica (fenomenalismo, fisicalismo, operacionalismo); y en lugar de pretender establecer una correspondencia exacta entre las afirmaciones de una teoría y un conjunto de experiencias, datos sensoriales u observaciones, se señala el carácter abstracto -esquemático- de los objetos (sistemas, modelos) de los que se ocupan las teorías. Finalmente, aunque no en último lugar, se tiende a abandonar también la consideración de las teorías como conjuntos de enunciados relacionados por la deducibilidad, y se impone generalmente su consideración como estructuras cuyo tratamiento es más accesible con los métodos semánticos de la teoría de modelos de Tarski que con los sintácticos de la teoría formalista de la demostración. (A este respecto, sin embargo, la posición de Bunge difiere un tanto de la del resto de autores que comparten la concepción semántica, como veremos más adelante).

Una figura clave y significativa de este enfoque semántico es la de Patrick Suppes. A él se debe la idea de sustituir la axiomatización de una teoría mediante un sistema formal, al que luego se le busca una interpretación adecuada, por la definición semiformalizada de un predicado conjuntista. La discusión en torno al uso de modelos en las ciencias empíricas encuentra también en Suppes una posición característica: aquella que consiste en considerar tanto los sistemas físicos idealizados de que se ocupan las teorías científicas, cuanto los sistemas de datos que sirven para su comprobación y contrastación, como modelos de estructuras abstractas definidas conjuntistamente (8).

En lo que sigue nos centraremos en las concepciones semanticistas de Sneed y Stegmüller por un lado, y de Bunge por otro.

## 2. Sneed - Stegmüller

El libro de Sneed, *The Logical Structure of Mathematical Physics*, (8 bis) va a constituir sin duda un hito fundamental en la evolución de la actual filosofía de la ciencia. El objetivo de esta obra es proporcionar un método de análisis de las teorías científicas alternativo al punto de vista tradicional de los herederos del Círculo de Viena y dentro del espíritu que acabamos de definir como común a los partidarios del enfoque semántico. Aunque escrito solamente con la pretensión de que el sistema interpretativo valga para las teorías altamente formalizadas de la física matemática (el material real de cuyo análisis se ocupa es la mecánica clásica de partículas según la axiomatización de McKinsey, Sugar y Suppes) (9), las ideas que desarrolla parecen generalizables a otros tipos

(8) Cfr. P. SUPPES, *Introduction to Logic*, (D. Van Nostrand Co., Cincinnati, Toronto, London, Melbourne 1957), cap. 12; A Comparison of The Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences (1960), y Models of Data (1962), recogidos ahora en su obra: *Studies in the Methodology and Foundations of Science. Selected Papers from 1951 to 1969* (Reidel Pub. Co., Dordrech 1969) caps. 1 y 2.

(8 bis) Reidel, Dordrecht, 1971. En los últimos años se están publicando muchos artículos en torno al «paradigma» abierto por el libro de Sneed, especialmente en la revista *Erkenntnis* (segunda época) cuyo nº 10/2 (1976), está dedicado íntegramente a estos temas.

(9) J. C. C., McKinsey, A. C. Sugar and P. Suppes: Axiomatic Foundations of Classical Mechanics, *Journal of Rational Mechanics and Analysis* 2 (1953), 253-272.

de ciencias. El último capítulo dedicado a la dinámica de las teorías científicas constituye un intento de respuesta a los problemas planteados por la nueva filosofía de la ciencia, especialmente por Kuhn, a propósito del cambio científico. No es extraño, pues, que el mismo Kuhn (10) reconozca que con el aparato analítico de Sneed se puede por fin decir de manera precisa lo que él mismo expuso en términos fundamentalmente intuitivos.

La idea de que el formalismo de Sneed constituye el nuevo marco de referencia obligado para tratar filosóficamente el problema de la estructura y el cambio de las teorías científicas debe su difusión a la insistencia con que Stegmüller la ha desarrollado (11). Por eso hablaremos aquí de la posición Sneed-Stegmüller sin entrar en las diferencias que se dan entre ambos y que se refieren más a cuestiones de matices o refinamientos que a cuestiones de fondo.

La idea fundamental de este nuevo enfoque de la filosofía de la ciencia se puede enunciar así: una teoría científica consta de dos componentes principales, un núcleo K y conjunto I de aplicaciones propuestas (intended) de la teoría. K es una estructura matemática; I es el conjunto de sistemas que constituyen modelos de K. Analizar una teoría científica es poner de manifiesto su estructura matemática o núcleo estructural, así como localizar el conjunto de sus aplicaciones. De esta manera se combinan en la teoría de la ciencia el análisis formal y la tarea histórico-pragmática de localizar las aplicaciones paradigmáticas que constituyen un componente esencial de la teoría.

Por lo que se refiere al análisis del núcleo estructural, Sneed utiliza el procedimiento de axiomatización de Suppes. En esencia se trata de entender la axiomatización como definición de un predicado conjuntista, tal como se realiza frecuentemente en matemáticas. Un ejemplo sencillo es la

Definición de grupo: *s es un grupo si existen D,  $\circ$  tales que*

- (1)  $x = \langle D, \circ \rangle$
- (2) D es un conjunto no vacío.
- (3)  $\circ$  es una función cuyo dominio es  $D \times D$  y cuyo rango es un subconjunto de D.
- (4)  $\circ$  es asociativa en D.
- (5) Para cualesquiera elementos a, b de D, hay un elemento e de D tal que  $a = b \circ e$  y  $a = e \circ b$ .

Naturalmente la teoría de grupos se puede axiomatizar también en la lógica de predicados de primer orden con identidad introduciendo el signo de función  $\circ$  y está claro que cualquier modelo de esta teoría será también

(10) T. S. KUHN, A formalism for Scientific Change, *Erkenntnis* vol. 10 (1976) (Vers. cast. en *Teorema*, 1978).

(11) W. STEGMÜLLER, *The Structure and Dynamics of Theories*, (Springer Verlag, New York, Heidelberg, Berlin 1976); *Collected Papers on Epistemology, Philosophy of Science and History of Philosophy*, vol. 2, cap. 6 y 7 (Reidel, Dordrecht 1977); y A Combined Approach to the Dynamics of Theories. How to Improve Historical Interpretations of Theory Change by Applying Set Theoretical Structures, en *Theory and Decision* 9 (1978) 39-75.

(12) A Combined Approach... a.c. en la nota anterior.

de la axiomatización-definición anterior, es decir será un grupo.

Desde el punto de vista de la axiomatización de teorías de la física se ha instituido sin embargo en que el primer procedimiento es preferible. De hecho es el que implícitamente (según Suppes) se utiliza en las axiomatizaciones no formalizadas más corrientes. Snedd afirma además que el procedimiento conjuntista permite clarificar de forma enteramente nueva la estructura lógica de las proposiciones empíricas de una teoría científica. Supongamos, por ejemplo, una «mini-teoría»  $m$  que reproduce de forma aproximada y muy simplificada la estructura de la mecánica clásica de las partículas. «Es un  $S$ » constituye el predicado fundamental de la teoría  $m$ , y queda definido mediante los siguientes axiomas

Definiciones de  $S$ :  $x$  es un  $S$  si

- (1)  $x = \langle D, t, n \rangle$
- (2)  $D$  es un conjunto finito no vacío.
- (3)  $n, t$  son funciones cuyo dominio es  $D$  y cuyo rango es el conjunto de los números reales.
- (4) Para todo elemento  $y$  de  $D$ ,  $t(y) > 0$ .

Una vez definido así el predicado fundamental de la teoría, las afirmaciones empíricas de ésta se reducen a un esquema básico: consisten en afirmaciones de que determinado sistema  $a$  es un  $S$ . Si la teoría  $m$  fuera la mecánica clásica de partículas y  $S$  fuera el predicado «ser un sistema mecánico clásico», el contenido empírico de  $m$  estaría constituido por afirmaciones del tipo «El sistema Tierra-Luna es un sistema clásico de partículas», etc. Otras afirmaciones empíricas más específicas, como por ejemplo «el valor de la función  $n(a)$  para el elemento  $a$ , del sistema  $a$  es  $r$ » (por ejemplo «la masa de la Tierra es  $r$ ») sería componentes (y por tanto consecuencia lógicas) de la proposición empírica fundamental en la teoría: « $a$  es un  $S$ ».

Desde esta perspectiva se puede arrojar nueva luz sobre el problema de los términos teóricos. Para ello es preciso, en primer lugar, definir claramente lo que es un término teórico. La propuesta de Sneed es relativizar este predicado transformándolo en «teórico para una teoría  $T$  dada»; es decir no se hablará de términos teóricos frente a términos observacionales, sino simplemente de términos « $T$ -teóricos» o teóricos en relación con la teoría  $T$ , y de términos «no  $T$ -teóricos» es decir no teóricos en relación con la teoría  $T$ . La definición que se propone para  $T$ -teórico es esta: una función  $f$  se considera teórica respecto a una teoría  $T$  ( $T$ -teórica) si la determinación de los valores de  $f$  supone la validez de la teoría  $T$ . Esta definición de teoricidad pone de manifiesto el problema básico que plantea la presencia de términos teóricos: si el valor de una afirmación empírica en que aparece un término  $T$ -teórico depende de la validez de la teoría y ésta sólo se puede establecer estableciendo la validez de sus afirmaciones empíricas estamos condenados al círculo vicioso o al regreso al infinito.

La solución a este problema es una adaptación del procedimiento de Ramsey para la reducción de los términos teóricos. En síntesis el procedimiento consiste en traducir una afirmación del tipo « $a$  es un  $S$ » por otra del

tipo: «existe un sistema  $x$  tal que  $x$  es un  $S$  y  $a$  es el resultado de eliminar en  $x$  las funciones teóricas de  $S$ ». Si decimos que un sistema  $x$  del que se obtiene el sistema  $a$  eliminando de  $x$  las funciones  $T$ -teóricas es un enriquecimiento de  $a$  y simbolizamos « $x$  es un enriquecimiento teórico de  $a$ » por  $Rxa$ , entonces la formulación Ramsey de la proposición « $a$  es un  $S$ » queda así:

$$\forall x (Rxa \wedge x \text{ es un } S).$$

Si llamamos  $M$  a los sistemas que son  $S$  (modelos de  $S$ ) podemos llamar  $M_p$  (modelos posibles de  $S$ ) a aquellos sistemas que serán modelos de  $S$  si los valores de sus funciones  $T$ -teóricas están de acuerdo con los axiomas que definen la estructura  $S$ ; y  $M_{pp}$  a los sistemas que son modelos parciales posibles de  $S$ , es decir a aquellos sistemas que resulten de la eliminación de las funciones teóricas de  $M_p$ . Para nuestra «miniteoría» una entidad que satisficiera los tres primeros axiomas sería un modelo posible de  $S$ , y cualquier conjunto finito no vacío  $D$  sería un modelo parcial posible. En mecánica clásica de partículas un sistema de partículas con posición, masa y fuerza determinadas es un modelo posible de la teoría; el correspondiente sistema cinemático de partículas con una posición dada es un modelo parcial posible de la mecánica.

De acuerdo con este análisis el núcleo estructural  $S$  de una teoría puede representarse como un cuadruplete:

$$K = \langle M_{pp}, M_p, R, M \rangle.$$

en el que  $M$  es el conjunto de los modelos de la estructura  $S$ , y  $M_p, M_{pp}$  son los modelos posibles y parciales posibles de  $S$ , según el sentido que acabamos de dar a estos términos, y  $R$  es la relación de enriquecimiento teórico de  $x$  a  $y$ , con  $y \in M_{pp}$  y  $x \in M_p$ .

En las teorías científicas este núcleo estructural debe ser completado con la especificación de constricciones  $C$  que afectan a las funciones teóricas en las aplicaciones efectivas de la teoría. Estas constricciones son necesarias si, como generalmente es de esperar, las diversas aplicaciones de una teoría no son sistemas disjuntos, o los valores de una función teórica en una aplicación no son independientes de los valores de obtenidos en otra. Tal es el caso, por ejemplo, en mecánica clásica, del valor de la función masa para la Tierra que es invariante independientemente de que el sistema considerado sea el sistema Tierra-Luna, o Tierra-Sol o Tierra-Proyectil, etc. La estructura de estas constricciones se puede representar como una relación entre los dominios de las funciones teóricas y sus rangos de tal manera que si entre los elementos de la unión de dominios de las funciones (entre los elementos de diversas aplicaciones de la teoría) vale la relación  $B$ , entonces entre los elementos de los rangos (valores numéricos) de esas funciones vale la relación  $B^1$ . Por ejemplo, en nuestra miniteoría: si el elemento  $a_i$  de la aplicación  $a$  es idéntico al  $a_i$  de la aplicación  $a^1$ , entonces  $n(a_i) = n(a_i^1)$ . Completando el núcleo estructural de una teoría con estas constricciones tendremos:

$$K = \{M_{pp}, M_p, R, M, C\}.$$

El otro elemento de una teoría es el conjunto  $I$  de

las aplicaciones propuestas (intended.). El conjunto de las aplicaciones de una teoría, considerado desde un punto de vista abstracto es en realidad el conjunto  $M$  de sus modelos. Históricamente, sin embargo, las aplicaciones que propone el fundador de la teoría constituyen un conjunto concreto para el que deben cumplirse las relaciones siguientes:

$$M \subseteq M_p \subseteq I \subseteq M_{pp}$$

Stegmüller insiste en que uno de los componentes fundamentales de la noción de paradigma de Kuhn se puede identificar con este conjunto  $I$  de aplicaciones propuestas para una teoría.

Para dar cuenta del desarrollo histórico de una teoría es preciso acuñar todavía el concepto de expansión o núcleo expandido  $E$ . La expansión del núcleo de una teoría consiste en la adjunción de leyes específicas  $L$  con sus respectivas constricciones legales  $C_L$  y una relación específica de enriquecimiento  $R_L$  de un subconjunto de  $M_{pp}$  en  $L$ ; un núcleo expandido será pues una estructura.

$$E = \langle M_{pp}, M_p, R, M, C, L, C_L, R_L \rangle.$$

Desde esta perspectiva se puede entender el desarrollo histórico de una teoría como la expansión de su núcleo. Pero esta expansión lleva consigo la ampliación del conjunto  $I$  de aplicaciones propuestas. Si llamamos  $I_0$  a las aplicaciones paradigmáticas de la teoría en el momento de su invención y llamamos  $I_t$  a las aplicaciones de la teoría expandida en el tiempo  $t$ , el desarrollo *normal* de una teoría en el sentido de Kuhn queda caracterizado por la condición de que  $I_t \supseteq I_0$  (implica la permanencia del paradigma). Correlativamente una revolución científica se caracterizaría por el desplazamiento de un paradigma, es decir, por la variación en el núcleo estructural de la teoría.

Este análisis da cuenta bastante fielmente de algunas de las ideas básicas subyacentes a la teoría kuhniana de la ciencia. Desde el momento en que una teoría no es equivalente al conjunto de sus afirmaciones empíricas, sino que es una estructura abstracta más, un conjunto de aplicaciones históricamente dadas, no se puede hablar propiamente de refutación de una teoría (en realidad de un núcleo teórico o paradigma). Esto no implica, sin embargo, conceptualizar la labor del científico normal como una tarea acrítica: el científico en un período normal es perfectamente racional dentro de su paradigma cuando trata de encontrar expansiones del núcleo de su teoría y del conjunto  $I$  de sus aplicaciones. Desde este punto de vista es posible el progreso científico dentro de un paradigma como una forma de progreso «normal».

Respecto a la racionalidad del cambio de paradigmas o desplazamiento de teorías, Stegmüller defiende la posibilidad de hablar también aquí de progreso científico siempre que la teoría desplazada  $T$  se pueda *reducir* a la nueva teoría  $T^1$ . Condición necesaria de esta relación de reducción es que el conjunto  $M_{pp}$  de modelos parciales posibles de  $T$  quede incluido en el conjunto  $M_{pp}^1$  de modelos parciales posibles de  $T^1$ . Condición suficiente será que para cada modelo  $M$  de  $T$  exista un modelo  $M^1$  de una expansión de  $T^1$  obtenida mediante leyes y constricciones específicas del núcleo de  $T^1$ .

Hasta aquí las ideas básicas de la posición de Sneed y Stegmüller. Kuhn ha señalado, como ya hemos dicho, la importancia de este esquema interpretativo para dar cuenta de su concepción del cambio científico. Plantea, sin embargo, según él, las siguientes dificultades:

1) Desde un punto de vista histórico una teoría no se constituye necesariamente mediante el procedimiento de expansión de un núcleo inicial; sino que las cosas pueden suceder al revés y la teoría formarse mediante el agrupamiento de leyes y aplicaciones que comparten aspectos comunes.

2) Desde un punto de vista histórico la distinción entre el núcleo y la expansión de una teoría es relativa, y los criterios pueden variar con el tiempo. Por ejemplo: ¿pertenece la tercera ley de Newton al núcleo de la mecánica clásica o es una expansión del mismo?. De hecho, a finales del XIX esta ley entró en conflicto con la teoría del electromagnetismo y este hecho supuso, para algunos científicos una crisis de la teoría de Newton.

3) Por último, el problema de la incommensurabilidad de teorías en las revoluciones científicas no le parece plenamente resuelto a Kuhn con el expediente de la reducción. En primer lugar porque no siempre es posible lo que llamábamos la condición suficiente para la reducción: es decir, puede haber conceptos teóricos de la teoría reducida  $T$  que se pierdan en la nueva teoría  $T^1$ ; esto sucede especialmente cuando  $T$  es una teoría cualitativa y  $T^1$  una teoría cuantitativa, como era el caso entre las teorías químicas del flogisto en el siglo XVIII y la nueva química cuantitativa del XIX. Por otro lado es problemático hablar de la reducción de las aplicaciones  $I$  de la primitiva teoría  $T$  a un subconjunto de las aplicaciones  $I^1$  de  $T^1$ , puesto que lo que aparece como un caso especial de la nueva teoría no es el conjunto inicial  $I$ , sino un conjunto nuevo y más pequeño definido mediante restricciones impuestas al conjunto inicial. Concretamente el conjunto  $I$  de las aplicaciones propuestas de la mecánica clásica se establecía sin restricciones, respecto a la magnitud de la velocidad de una partícula, mientras que la reducción de ese conjunto a la mecánica relativista supone de hecho una limitación del mismo al especificarse tales restricciones.

Esto le parece a Kuhn un índice de que todavía subsiste un hiato de irracionalidad en las revoluciones científicas, es decir de intraducibilidad literal de los enunciados de  $T$  a los de  $T^1$ .

En uno de los últimos artículos de Stegmüller (12) se responde de hecho a las dificultades señaladas por Kuhn. Respecto al primer punto Stegmüller sustituye la idea de núcleo estructural y de expansión de ese núcleo por la de red teórica como situación histórica efectiva de una teoría que se compone de diversas leyes de aplicaciones en gran parte solapadas, y en la que se puede distinguir analíticamente un núcleo básico. Por otra parte la especificación de este núcleo básico puede hacerse desde diversos criterios lógicos, epistemológicos o históricos, con lo que se relativiza la segunda observación de Kuhn. Y en relación con la racionalidad del cambio de

paradigmas o de núcleos estructurales, Stegmüller propone de hecho una revisión del propio concepto de racionalidad y progreso científico. Este no se puede concebir de forma lineal y absoluta. En un estado determinado de la ciencia, se puede hablar de progreso si es posible reducir una teoría a otra en el sentido de que las predicciones, explicaciones, etc., de la primera sean recogidas por la segunda, es decir si ambas teorías se aplican a los mismos objetos aunque los conciban de distinta manera.

Pero en último término, si la posibilidad de reducción no es completa, el problema de la opción por la nueva teoría no es un problema de racionalidad teórica, sino de racionalidad práctica, que habría que tratar, dice Stegmüller, con los métodos de la teoría de la decisión racional.

A modo de conclusión y resumen de esta breve exposición de las concepciones de Sneed - Stegmüller podemos señalar los siguientes puntos: 1) El análisis de Sneed permite distinguir claramente entre las proposiciones que figuran en la exposición o el uso de una teoría y la teoría misma. 2) Una teoría es un compuesto de un núcleo estructural abstracto más un conjunto de pretendidas aplicaciones de ese núcleo a sistemas físicos. 3) El desarrollo normal de una teoría consiste en la expansión de su núcleo mediante leyes específicas y la expansión del conjunto de las aplicaciones; en tal caso se puede hablar de un progreso científico en el seno de un mismo paradigma en el sentido de Kuhn o de un mismo programa de investigación en el sentido de Lakatos. 4) Las revoluciones científicas de que habla Kuhn pueden entenderse como progresos científicos si la teoría desplazada se puede reducir a la nueva teoría. Se puede hablar así no de progreso absoluto y acumulativo de la ciencia sino de un progreso relativo a una determinada línea de desarrollo. En todo caso, en la operación de desplazamiento de teorías puede haber un componente práctico (o pragmático) cuya caracterización tendría que ver más con la lógica de la decisión que con la de la racionalidad teórica.

Una de las aportaciones más significativas de este enfoque de la estructura de las teorías científicas consiste en haber puesto de relieve lo que podríamos llamar el aspecto constructivista de la teorización científica. Inventar una teoría es construir una estructura y proponer un conjunto de aplicaciones. Por otra parte tiene el mérito evidente, señalado por todos, de haber proporcionado instrumentos analíticos poderosos para dilucidar los aspectos lógicos presentes en la historia del desarrollo científico, hasta el punto de que hoy puede parecer anticuada la pregunta del debate entre Kuhn y Popper (13). Tenemos que decir, sin embargo, que no es ésta la única manera de superar los planteamientos analíticos clásicos ni de integrar las aportaciones de la filosofía postanalítica de la ciencia. En el próximo apartado nos ocuparemos de la semántica de Bunge.

### 3. LA SEMANTICA DE BUNGE

Mario Bunge no ha escrito su tratado de semántica (14) pensando en Kuhn, a quien apenas cita de pasada, ni en Sneed, a quien no cita. Cita, sin embargo a Suppes

para polemizar con él. Su propósito es construir una teoría semántica unificada de la ciencia factual que concibe como radicalmente diferente a la semántica de las ciencias formales e imprescindible para posibilitar el análisis del significado de los términos y proposiciones científico-factuales (15).

El punto que más radicalmente diferencia a Bunge respecto a la concepción que hemos expuesto en el apartado anterior tiene que ver con su distinción entre semántica de las ciencias formales y semántica de las ciencias factuales; distinción que hunde sus raíces en una epistemología realista. Mientras una teoría matemática se refiere a «objetos conceptuales» o con los que es posible en principio intentar la tarea de construir un modelo que satisfaga todos los axiomas de la teoría, una teoría científica factual -una teoría física, por ejemplo- se refiere a entidades no conceptuales, a cosas reales, independientes de la teoría, y que trascienden, por lo tanto, los límites fijados por la construcción conceptual. En este sentido no es posible esperar que ninguna entidad real constituya un modelo formal de una teoría científica. Los modelos factuales que se utilizan en la ciencia son ellos mismos entidades teóricas que hay que someter a control y a contrastación empírica.

Por lo que se refiere a la formalización de una teoría científica, la posición de Bunge difiere también bastante de la de Sneed, aún alejándose igualmente de las posiciones de la filosofía analítica clásica. Lo más característico es el mantenimiento del ideal de axiomatización completa (aunque no necesariamente formalizada) de la teoría y no sólo de la estructura matemática de la misma. Este ideal exige incorporar al sistema de axiomas no sólo la definición de un predicado conjuntista, sino también las estipulaciones semánticas que determinen la referencia factual de los conceptos de la teoría, así como el hacer explícito el trasfondo de la misma, tanto por lo que se refiere a la lógica y las matemáticas en que se formula como al marco teórico general que se supone (al que -para el caso de las teorías físicas- Bunge llama protofísica) (16), y que puede incluir, por ejemplo, una teoría del espacio, del tiempo, de la medición, un concepto de sistema físico, etc. Por último, el análisis debe distinguir claramente entre la referencia factual de una teoría y la evidencia empírica de la misma. Toda teoría física debe tener una referencia física, pero la estipulación de tal referencia es una parte de la teoría y, como tal, puede ser falsa. Por otra parte, aunque es necesario que la teoría sea contrastable empíricamente, la contrastabilidad no tiene por qué ser directa (es decir, los referentes de una teoría no tienen por qué ser reducibles a entidades

(13) T. S. KUHN, *Logic of Discovery or Psychology of Research?*, en I. LAKATOS y A. MUSGRAVE, *Criticism...* o.c.

(14) M. BUNGE, *Teatrise on Basic Philosophy, Semantics*, Vols. I, II, (Reidel, Dordrecht, 1974).

(15) M. BUNGE, *A Program for The Semantics of Science*, en *Exact Philosophy. Problems, Tools and Goals*, edit. por M. Bunge (Reidel, Dordrecht, 1973) 51-62.

(16) Cfr. M. BUNGE, *Foundations of Physics* (Springer Verlag, Berlín, Heidelberg, New York 1967) cap. 2.; *The Structure and Content of a Physical Theory*, en M. BUNGE (ed.), *Delaware Seminar in the Foundations of Physics* (Springer Verlag, Berlín, Heidelberg, New York 1967) 15-27.

observables o procesos operacionales), aunque sí debe darse la posibilidad de control empírico indirecto, a través de otras teorías.

Sin embargo, las teorías no se identifican con el lenguaje en que son formuladas, sino con los constructos (conceptos y proposiciones) designados por ese lenguaje. El significado de una teoría es el significado de sus conceptos y proposiciones. Tal significado está determinado conjuntamente por el sentido y la referencia. El sentido de una teoría a su vez se concibe como la unión de sus supuestos y sus implicaciones (así pues el sentido es un conjunto de constructos o entidades conceptuales), y en el caso de teorías axiomatizadas está determinado por el conjunto de sus conceptos primitivos. La referencia pretendida de la teoría es el conjunto de objetos (físicos, si es una teoría física) que se propone representar.

No es ahora nuestro propósito entrar en una consideración detallada de la semántica de Bunge. De su teoría del significado se pueden extraer sin embargo algunas conclusiones interesantes para el problema del desarrollo de la ciencia y del cambio semántico. Las ideas de Bunge a este respecto son de tipo más bien continuista; la ciencia, en principio, es una actividad que se caracteriza por su carácter progresivo, lo cual hay que entenderlo en una doble dimensión: la profundidad y la extensión. La profundidad, especialmente, es un requisito para la madurez de la ciencia y se obtiene precisamente (aunque no de forma garantizada) mediante el uso de conceptos teóricos, inobservables, explicaciones de «mecanismo» y no sólo fenomenológicas, así como mediante la sistematización, axiomatización y fundamentación de las teorías (17). El cambio científico tiene naturalmente repercusiones semánticas; pero la idea de inconmensurabilidad semántica de dos teorías no puede tomarse sino como caso límite que no encuentra realización en la historia real de las ciencias. El significado de dos teorías puede diferir tanto por su sentido como por su referencia. Para que sean semánticamente comparables basta que alguno de estos dos componentes de su significado tengan elementos comunes. Sólo si la intersección de las clases de conceptos primitivos de las dos teorías es vacía, y lo es también la intersección de sus clases de referencia, se puede hablar de incomparabilidad total de dos teorías.

Por último la idea de la permanencia de un núcleo estable, resaltada por Kuhn y Lakatos y recogida por Stegmüller, como hemos visto, es compatible también con la semántica de Bunge, aunque con otra significación. Según este autor existen en la ciencia teorías de un máximo nivel de abstracción (concepto éste que se puede formular de manera precisa en su sistema semántico) que no son refutables por ningún tipo de experiencia. Su presencia no plantea sin embargo más problemas que el de su fertilidad y su papel clarificador en la fundamentación (madurez) de las teorías (18).

Para concluir, si comparamos los planteamientos de Sneed-Stegmüller con los de Bunge, observamos que,

(17) M. BUNGE, *The Maturation of Science*, en I. LAKATOS y A. MUSGRAVE (ed.), *Problems in the Philosophy of Science*, (North Holland Pub. Co., Amsterdam 1968), 120-137.

(18) Cfr. M. BUNGE, *Testability Today*, en su obra *Method, Model and Matter*, Reidel, Dordrecht 1973) 27-43.

sobre una serie de analogías básicas, se dan unas diferencias bastante significativas y que afectan a problemas generales en cuanto a la forma de concebir filosóficamente la naturaleza de las teorías científicas.

Las analogías residen en su común relativización de la distinción teórico-observacional, en el planteamiento de las teorías científicas como algo que no se reduce a entidades lingüísticas, y en la importancia concedida al tema del significado de las teorías.

Las diferencias, sin embargo, son notables. Mientras Sneed mantiene el concepto de teoría y de modelo sacado de la lógica y las matemáticas, Bunge considera que la naturaleza de las teorías factuales es enteramente original. La posición de Sneed le lleva a comprender una teoría física como un «agregado» de una estructura matemática y un conjunto de «aplicaciones» que constituyen en realidad fenómenos históricos irreductibles. El interés de su análisis reside en la luz que arroja sobre las relaciones entre estas aplicaciones y aquella estructura matemática. Si hubiera de encontrar una tesis ontológica general que cuadrara bien con el espíritu de la obra de Sneed, me arriesgaría a apuntar la tesis de la armonía preestablecida.

Bunge por el contrario se mueve en el marco de una ontología materialista y una epistemología realista. Su análisis de las teorías científicas se esfuerza por comprender su semántica específica, menospreciando para ello el posible componente pragmático que queda relegado en parte a la metodología.

Una teoría filosófica de la ciencia puede evaluarse atendiendo a dos criterios: su capacidad para reconstruir la estructura de la ciencia, y su capacidad para aclarar e interpretar coherentemente el desarrollo científico. Tanto el formalismo de Sneed como la semántica de Bunge son importantes contribuciones por lo que se refiere al primer criterio. Y sólo por eso pueden verse como interesantes marcos teóricos para enfocar el estudio del segundo tipo de problemas. Las aportaciones de Stegmüller van encaminadas a poner de manifiesto cómo el análisis de Sneed puede aclarar la dinámica de las teorías tal como ha sido vista por Kuhn, Lakatos, etc. Las consecuencias últimas de su análisis se encaminan sin embargo, hacia una cierta relativización del concepto de revolución científica que está en perfecta sintonía con lo que cabe esperar de la aplicación de la semántica de Bunge al mismo tipo de problemas. Pero hay otro aspecto del desarrollo científico que ocupó un lugar central en la filosofía analítica clásica y que sigue teniendo una gran importancia en los planteamientos de Bunge: el problema de la lógica de la investigación o de la metodología. Por el momento no me parecen suficientes las indicaciones de Stegmüller, que se limitan a postular una sustitución de las pretendidas normas metodológicas por unas «recomendaciones» más modestas. El problema de la metodología no es formular normas para el descubrimiento de la verdad, pero tampoco enunciar recomendaciones para hacer ciencia, sino comprender el sentido de las operaciones que se realizan en la investigación científica. La capacidad para iluminar en detalle estos aspectos de la ciencia sería una buena piedra de toque para evaluar el formalismo de Sneed y la semántica de Bunge. Pero nos ocuparemos de ello en otra ocasión.