

FUNDAMENTOS DE LA CONCEPCION ESTRUCTURALISTA
DE LAS TEORIAS CIENTIFICAS

En el año 1971 aparece el libro de S. Sneed: *The Logical Structure of Mathematical Physics*¹ que marca un tratamiento aparentemente novedoso de la epistemología de la física. En menos de diez años, las ideas contenidas en dicho libro tomaron fuerza y vigor en los trabajos de Stegmüller, Balzer y Moulines, dando lugar a una concepción epistemológica conocida por el nombre de "concepción estructuralista de las teorías".

Las preguntas de rigor son:

—¿Qué es lo novedoso de esta concepción?

—¿Qué problemas ha logrado resolver?

Procedamos a responder por partes.

Hasta los años cincuenta los nombres de Reichenbach, Carnap, Popper y Hempel (entre otros) dominaban la escena de la filosofía científica. Formularon sus propuestas filosóficas mediante el formalismo de la lógica matemática (específicamente: el cálculo de predicados de primer orden). Empero, tales propuestas dieron lugar a controversias; nada desdeñables. Mencionemos la polémica confrontación entre las dos más notorias: inductivismo-carnapiano *versus* falsacionismo-deductivista-popperiano; la relativa al problema de la interpretación de los conceptos teóricos y los observacionales que enfrentó a realistas, nominalistas y operacionalistas. Estaban de acuerdo en que una teoría es un conjunto de enunciados (entidades lingüísticamente interpretadas) perfectamente organizables axiomáticamente, de manera tal que un cálculo formalizado permitiría deducir otros

1. Sneed, J.: *The Logical Structure of Mathematical Physics*. Dordrecht, Holland, D. Reidel Publishing Company, 1971.

enunciados. Luego, una teoría estaría constituida por los axiomas y sus consecuencias lógicas.

Empero, los ejemplos tratados fueron excesivamente triviales, bastante alejados de los casos interesantes que trata la física; lo que no deja de ser (incluso técnicamente), entendible ya que las formalizaciones de los lenguajes físicos requieren de un cálculo de predicados de segundo orden. El ejemplo más sencillo e inmediato nos los proporciona el Segundo Principio de Newton, en el cual hay que cuantificar sobre variables funcionales y no individuales.

La reacción fue pues, natural: se acusó a dichas filosofías de no tratar los problemas de la ciencia real, sino problemas harto triviales. Los críticos más ácidos resultan ser historiadores de la ciencia, entre ellos el archiconocido Kuhn. Pero a la hora de aportar soluciones tan sólo barruntaron incoherencias e imprecisiones. El ejemplo más palmario nos lo ofrece Kuhn en su libro, *The Structure of Scientific Revolutions*,² donde el concepto central de su exposición, la noción de "paradigma", tiene al menos 21 significados diferentes.³ Esta etapa correspondiente a los años sesenta puede calificarse como historicista; a ojo de buen cubero esta era la situación a finales de los sesenta.

Evidentemente cualquier corriente novedosa tendría que tomar en cuenta las críticas de la reacción historicista, pero de una manera u otra tendría que volver por los fueros de la filosofía clásica de la ciencia; y es esto, justamente, lo que pretenden hacer los representantes de "la concepción estructuralista de las teorías".

El enfoque clásico es [el] formal: la teoría ha de axiomatizarse en un lenguaje formal. Los seguidores de la "versión estructuralista" usan lenguajes más flexibles: la lógica informal, la teoría de conjuntos informal y la teoría de modelos. Más precisamente, la semántica informal o teoría informal de modelos. Según sus propias palabras, pretenden hacer en física lo que hizo el grupo Bourbaki en matemáticas.

2. T. S. Kuhn: *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, University of Chicago Press, 1962.

3. Cfr. Mastermann, M.: "La ciencia normal y sus peligros", en Lakatos y Musgrave (eds.): *La crítica y el desarrollo del conocimiento*. Barcelona, Editorial Grijalbo, 1975, p. 161.

Veamos lo que nos dice Stegmüller:

Con concepción enunciativa (c.e.₁) sólo me referiré al enfoque de Carnap o del lenguaje formal y por concepción no -e₁ me referiré al enfoque estructuralista. Paso a formular una tesis fundamental;

Tesis 1: Llevar a cabo el programa sugerido por la concepción enunciativa₁ no es humanamente posible.

C.e.₁ no es, por tanto, una alternativa realista frente a la concepción estructuralista. Todo el que compare las ventajas y las desventajas de c. no -e₁ y c.e.₁ contrapesa algo que existe con algo que ni existe ni, en un futuro previsible, existirá.⁴

más adelante Stegmüller señala:

Al rechazar el enfoque de Carnap parece que me uno a aquellos que siempre mantuvieron que el principal error de Carnap consistió en sobreestimar el poder de la lógica moderna. Sin embargo y por supuesto, eso es un disparate. Uno de los grandes e incontestables méritos filosóficos de Carnap fue haber reconocido muy pronto la importancia de la lógica moderna como instrumento irremplazable para muchos de los proyectos analíticos. Si él juzgó algo inadecuadamente, no fue la lógica moderna, sino nuestras *capacidades humanas* para manejar esa poderosa herramienta.⁵

Stegmüller ha justificado desde un punto de vista práctico, del quehacer, su enfoque.

De la *Tesis 1* de Stegmüller sacamos en claro la intención del programa estructuralista, pero ...¿cómo realizar dicho programa?.

Veamos a continuación sus lineamientos generales: *Axiomatización*. Se usa el método de axiomatización mediante la definición de un predicado conjuntista. Este método es tomado por Sneed de Suppes,⁶ mediante tal procedimiento se define el concepto de modelo (definición no completamente formal). El ejemplo favorito es el relativo a la "mecánica clásica de partículas", que escribiremos "MCP" (ver Moulines).⁷

4. Stegmüller, W.: *La concepción estructuralista de las teorías*. Madrid, Alianza Editorial, 1981, p. 15.

5. *Op. cit.*, pp. 15-16.

6. Suppes, P.: *Introducción a la lógica simbólica*. México, CECSA, 1966, Capítulo 12, p. 303.

7. Moulines, U.: *Exploraciones metacientíficas*. Madrid, Alianza Editorial, 1982, p. 79.

Definición. MCP (x) si y sólo si existen P, T, s, m, f, tales que:

1. $x = \{P, T, s, m, f\}$
2. $P \neq \emptyset$, P representa un conjunto de *partículas físicas*.
3. T es un intervalo cerrado de números reales que representa el *intervalo temporal* durante el cual se consideran las partículas.
4. s es una función del producto cartesiano $P \times T$ en el espacio vectorial R^3 y s es dos veces diferenciable en T (s representa la función que determina la *posición* en el espacio de cada partícula en cada instante).
5. m es una función de P en los números reales positivos (que representa la *masa* de cada partícula).
6. f es una función de $P \times T$ en R^3 (que representa la *fuerza* resultante que actúa sobre cada partícula en cada instante).
7. Para todo p en P y para todo t en T se cumple:

$$m(p) \cdot D_t^2 s(p, t) = f(p, t)$$

(es decir, la masa de una partícula multiplicada por la derivada segunda respecto al tiempo es igual a la fuerza resultante).

Luego x es un modelo de la mecánica clásica de partículas si satisface a MCP. Se evidencia que hay multitud de modelos que satisfacen a MCP.

Condiciones de ligadura. A las relaciones "intermodélicas" que interconectan a todos los modelos de una teoría formando una estructura global, y que permiten la predicción y explicación por medio de la teoría, las denomina Sneed "condiciones de ligadura", (*constraints*). Un ejemplo sencillo lo constituyen los modelos siguientes: el modelo x constituido por el sistema planetario y el modelo y constituido por el sistema Tierra-Luna. Se trata de modelos distintos que satisfacen al predicado "mecánica clásica de partículas". Ambos modelos tienen dos individuos en común: la Tierra y la Luna... ¿Qué relaciones evidentes existen entre los dos modelos? La más sencilla es que la Tierra y la Luna tengan la misma masa en los dos modelos, es decir, la masa es invariante con respecto a las distintas aplicaciones de la teoría clásica.

$$m_x (\text{Tierra}) = m_y (\text{Tierra})$$

$$m_x (\text{Luna}) = m_y (\text{Luna})$$

Conceptos T-teóricos y conceptos T-no-teóricos. Sneed rechaza la dicotomía clásica carnapiana que surge de la distinción semántica de distinguir dos niveles del lenguaje: el observacional y el teórico.

Recoge el "reto de Putnam", dar un criterio *positivo* de la delimitación de "lo teórico"; afirmando haberlo resuelto (ver Stegmüller);⁸ "pues para mostrar que determinadas magnitudes son teóricas, en el sentido de que «proviene de la teoría», evidentemente hay que disponer primero de un criterio que *tome como referencia a una teoría* y que, además, caracterice *positivamente* lo que sea peculiar de los conceptos teóricos en cuestión".

La propuesta de clasificación de los conceptos en T-teóricos y T-no-teóricos es funcionalista, y no semántica; i.e., se basa en el "funcionamiento" de los conceptos y es relativa a cada teoría.

Aquellos conceptos que pertenecen a la base empírica, o cuerpo de aplicaciones, los denomina T-no-teóricos; entendiendo por "base empírica" la base sobre la cual la teoría se confirma o refuta.

"A las funciones cuya medición no presuponga la validez de la teoría T las podemos llamar T-no-teóricas". (Ver Moulines).⁹

A las funciones cuya determinación presupone la validez de la teoría las denomina funciones T-teóricas.

El procedimiento técnico a usar es el de Ramsey para el tratamiento de los conceptos teóricos, con modificaciones de cuño sneedeano.

Ejemplo clásico de términos T-teóricos y T-no-teóricos en la mecánica clásica de partículas: los conceptos cinemáticos que son T-no-teóricos y los de fuerza y masa que son T-teóricos.

La aplicación de la distinción sneedeana está preñada de dificultades. Uno de sus seguidores, Moulines, discrepa acerca del mismo

8. Stegmüller, W.: *Estructura y Dinámica de Teorías*. Barcelona, Ariel, 1983, pp. 51-69.

9. Moulines: *Exploraciones... cit.*, p. 83.

status que le asigna Sneed a los conceptos de "fuerza" y "masa", y propone: "que decidir si una función dada en una teoría es T-teórica o no, no es un asunto de pragmática acerca de métodos de medición, sino una cuestión semántica, es decir, relativa al significado de una función". (Cfr. Moulines).¹⁰

Núcleo de una teoría. (Moulines,¹¹ Stegmüller).¹²

Definición. Una estructura $K = (M_p, M, M_{pp}, C)$ es un núcleo de una teoría si:

- i. M_p es un conjunto de modelos potenciales, es decir, de estructuras que satisfacen ciertas condiciones estructurales para ciertos conceptos. El conjunto de modelos potenciales viene determinado por las condiciones estructurales o "axiomas impropios" que intervienen en la caracterización de un predicado conjuntista. Tomemos como ejemplo el de la mecánica clásica de partículas. Los "axiomas impropios" para el predicado MCP son las condiciones 1) a 6) y a lo que satisfaga 1) a 6) se denomina "un modelo potencial de la mecánica clásica de partículas".
- ii. M es un subconjunto de M_p cuyas estructuras, llamadas modelos (actuales) satisfacen además una o más leyes empíricas. Donde las entidades que satisfacen predicados conjuntistas con contenido empírico se denominan modelos actuales de la teoría dada. Volviendo al ejemplo del predicado MCP las entidades que satisfacen 1) a 7) son modelos actuales.
- iii. M_{pp} es un conjunto de modelos parciales, de estructuras que coinciden con M_p si en estas últimas suprimimos los conceptos teóricos (relativos al caso reconstruido). A cada elemento de M_p le corresponde uno y sólo uno de M_{pp} , pero a uno de M_{pp} le pueden corresponder varios de M_p . En el ejemplo de MCP las entidades que satisfacen 1) a 4) son modelos parciales. Obsérvese que los modelos parciales describen, mediante conceptos no-teóricos o empíricos relativamente a la teoría. En general son otras teorías (previas a T), las que suministran los modelos parciales de T. En los modelos parciales no entran los conceptos T-teóricos.

10. *Op. cit.*, p. 95.

11. *Op. cit.*, p. 108.

12. Stegmüller: *La concepción estructuralista... cit.*, p. 117.

iv. C es la intersección conjuntista de conjuntos C_i tales que cumplen: (C es el conjunto de las ligaduras).

a. $C_i \subset P(M_p)$, ($P(M_p) =$ Conjunto potencia de (M_p)).

b. $(\forall x) [x \in M_p \rightarrow [x] \in C_i]$

c. $(\forall x) (\forall y) [X, y \in P(M_p) \wedge X \subset y \wedge \lambda \in C_i \rightarrow X \in C_i]$

d. $\emptyset \in C_i$

Sneed caracterizó al "dominio de aplicaciones" de la teoría como un subconjunto de M_{pp} , el cual es dado. Dicha caracterización presenta dos problemas: (Moulines).¹³

1. ¿Es el "dominio de aplicaciones" un conjunto amorfo de aplicaciones heterogéneas o es un conjunto de conjuntos de aplicaciones?
2. ¿El "dominio de aplicaciones" tiene connotaciones platónicas ya que como es "dado" existe de manera independiente de la determinación pragmática de sus límites (vuelta al problema de los universales)?

Los seguidores de Sneed responden a (Cfr. Moulines)¹⁴ las dos preguntas anteriores de la siguiente manera:

1. El "dominio de aplicaciones" es un subconjunto del conjunto potencia de M_{pp} y no un subconjunto de M_{pp} . Ya que cuando se habla de los éxitos de la teoría de la gravitación de Newton no se puede dar una lista de todos los modelos parciales singulares que pudo tratar la teoría, sino de lo que se habla es de la *clase* de todas las órbitas planetarias conocidas más la *clase* de todos los péndulos construidos, etc.
2. Y he aquí cuando introducen las comunidades científicas y los intervalos históricos (que no aparecen en Sneed). Ya que si las aplicaciones las propone alguien y en un momento histórico, entonces, el concepto de aplicaciones propuestas es relativo a seres humanos y a tiempo históricos... y Kuhn viene a entrar en la "versión estructuralista".

13. Moulines: *Exploraciones... cit.*, p. 111.

14. *Op. cit.*, p. 112.

Proceden entonces a definir un "elemento teórico". Los elementos teóricos vienen a ser según sus propias palabras "las células de una teoría, las unidades autónomas mínimas de cualquier descripción teórica de la realidad".

Definición. T es un elemento teórico si y sólo si existen K, A, CC y h, tales que:

1. $T = (K, A, CC, h)$.
2. K es un núcleo.
3. A es un subconjunto del conjunto potencia de M_{pp} (es un conjunto de aplicaciones).
4. CC es una comunidad científica.
5. h es un intervalo histórico.
6. CC se propone aplicar K a A durante h.

Es decir, un elemento teórico es una entidad que consta de un núcleo más un conjunto de aplicaciones, a las que una comunidad científica aplica el núcleo durante una etapa histórica determinada. Un elemento teórico es una entidad que posee los siguientes aspectos:

- a. uno formal semántico, el núcleo
- b. uno pragmático, las aplicaciones
- c. uno sociológico, la comunidad científica
- d. uno histórico, un intervalo temporal.

Luego definen: especialización nuclear, especialización teórica, red teórica, teórica arbórea, aserción empírica, evolución teórica, evolución teórica progresiva, evolución teórica perfecta, *paradigma* para una evolución teórica, evolución teórica kuhniana, etc. Todo esto usando la teoría informal de modelos. No deja de ser interesante la aplicación que hace Moulines de todo este aparato a la evolución de la mecánica newtoniana y a la termodinámica de los sistemas simples.

Está de más decir que faltan por desarrollar extensos sectores de la física, entre ellos el de mecánica cuántica.

CONCLUSIONES

1. Los exponentes de la "versión estructuralista de las teorías" en vez de restringirse a la lógica formal (cálculo de predicados de primer orden) echan mano de la semántica informal o teoría informal de modelos y axiomatizan mediante la definición de un predicado conjuntista.
2. Rechazan la distinción clásica entre los dos niveles del lenguaje: el observacional y el teórico.

Proponen una distinción entre los términos en T-teóricos y T-no-teóricos. Dicha propuesta es técnicamente sofisticada ya que requiere el uso de los enunciados de Ramsey modificados. Distinción que no está exenta de dificultades.

3. Toman en cuenta las críticas kuhnianas, supuestamente válidas.
4. Por no pecar de exagerado platonismo al aceptar que el "dominio de aplicaciones" es "dado", y existe de manera independiente de la determinación pragmática de sus límites, introducen a la comunidad científica (lo social) y el intervalo temporal (lo histórico) dentro de la definición de "elemento teórico", es decir, en la teoría. Lo cual no deja de ser un *subterfugio* para introducir lo social y lo histórico.
5. Los problemas filosóficos fundamentales seguirán siendo los mismos ya eliminemos o no del "elemento teórico" a la "comunidad científica" y al "intervalo histórico".
Quizás entre los aspectos positivos de la "versión estructuralista" (si cuaja como moda) esté la de obligar a los filósofos de la ciencia a aprender buena historia de la ciencia y a los historiadores de la ciencia a aprender buena filosofía de la ciencia. En suma, de presentar el asunto de manera más integral.