LA RECONSTRUCCION TEORICO-CONJUNTISTA DE LAS TEORIAS EMPIRICAS

UNA POSIBLE ALTERNATIVA A LA AXIOMATIZACION FORMAL

Juan Manuel Jaramillo Uribe
Universidad del Valle

Pero yo sostengo que en toda teoría particular de la naturaleza sólo puede haber tanta ciencia propiamente dicha como matemática se encuentra en ella
(I. Kant)

1. El imperativo de la sistematización

Desde la antigüedad clásica hasta nuestros días el ideal de la sistematización ha sido el rasgo característico del conocimiento humano. El modelo paradigmático de este ideal fue, durante muchos años, la axiomatización euclídea de la geometría.

En efecto, para la inmensa mayoría de los filósofos occidentales, el hombre sólo conoce genuinamente algo si su conocimiento posee un basamento sistemático, dentro de un marco amplio, de orden explicativo, que proporciona racionalidad. Así, en el *Teeteto,* Platón planteó la necesidad de que el conocimiento poseyera racionalidad (logos): «La creencia verdadera por razones es saber; la desprovista de razones está fuera del saber». Para Aristóteles, en *Segundos Analíticos*, todo conocimiento racional deriva siempre de conocimientos anteriormente adquiridos. Este conocimiento, nos dice el estagirita, es el procedimiento de las matemáticas y de todas las artes sin excepción. La dialéctica, por lejana que parezca a las matemáticas, emplea igualmente este método al valerse de razonamientos silogísticos -donde se suponen como conocidas, ya como evidentes o concedidas, las premisas de donde saca sus conclusiones- o de la inducción - donde lo particular, de donde se deduce la conclusión, se supone conocido como evidente. Igualmente, la retórica produce persuasión al llegar a conclusiones a partir de ejemplos (inducción), o mediante entimemas que no son otra cosa que silogismos. Para Aristóteles, el silogismo demostrativo es el que verdaderamente produce ciencia.

Este debe partir de principios verdaderos, primitivos e inmediatos que sean, con respecto a la conclusión, como la causa al efecto. Este registro en términos causales del conocimiento estará presente en toda la *scientia* medioeval y será celebrado por Baruch Spinoza en la Segunda Parte de su *Ethica ordine geometrico demonstrata* denominándolo «segundo y tercer género de conocimiento»; únicos géneros que proporcionan conocimiento necesariamente verdadero.

En el Renacimiento tardío, la sistematización se entiende no sólo de manera ontológica (como cuando los estoicos hablaban del «*systema mundi*») sino, preferencialmente, en un sentido epistémico: cuerpo de conocimientos orgánicamente estructurado. No se trataba exclusivamente de acumular conocimientos, sino de hacer una exposición, organizada funcionalmente, de una disciplina unificada. Así lo entendió Christian Wolff, discípulo de Leibniz, cuando concibió el sistema como «una colección de verdades debidamente ordenadas de acuerdo con principios que gobiernan sus conexiones». Este ideal sistemático será para I. Kant el ideal arquitectónico. El filósofo de Königsberg entiende por «arquitectónica» el arte de los sistemas. Al respecto escribe: «Por arquitectónica entiendo el arte de construir sistemas. Como la unidad sistemática es lo que eleva el conocimiento ordinario al rango de ciencia, es decir, hace de un mero agregado de conocimientos un sistema, la arquitectónica es la doctrina de lo científico en nuestro conocimiento»([1], A 832=B 860).

2. La sistematización en la filosofía de la ciencia del siglo XX

Las contribuciones de la teoría del conocimiento, la física, la matemática y la lógica, durante el Siglo XIX y comienzos del presente, hicieron posible la realización -durante los años veinte y treinta de nuestro siglo- de la primera sistematización verdaderamente arquitectónica en la filosofía de la ciencia: la sistematización arquitectónica del empirismo lógico.

El estilo constructivo del Círculo de Viena inicia una nueva tradición a partir de un fundamento inequívocamente arquitectónico. Los análisis predominantemente sintácticos y semánticos de la ciencia, por parte de los representantes del Círculo, tuvieron su inspiración en los procedimientos constructivos utilizados por Frege, Russell y, en particular por Hilbert, en las ciencias formales. En efecto, los desarrollos de las geometrías no-euclídeas en la segunda mitad del Siglo XIX trajeron como consecuencia la necesidad de revisar la axiomática tradicional cuyo paradigma, como vimos, era la axiomática intuitiva de los *Elementos* de Euclides y proponer -como lo harán Moritz Pasch y la Escuela Italiana de Matemáticas (Peano, Pieri y Veronese)- una concepción más abstracta del método axiomático cuya presentación más lograda la constituyen los *Grundlagen der Geometrie* (1899) de David Hilbert. El «arte del sistema» del empirismo lógico consistía en analizar el producto de la actividad científica -las teorías- y no sus objetivos ni sus condiciones efectivas de producción. Las teorías se caracterizan como *sistemas axiomáticos*, entendiéndose por éstos un conjunto de proposiciones básicas (que sin prueba se consideran como válidas), junto con sus consecuencias lógicas. Pero, dado que la representación axiomática de una teoría estará controlada al máximo cuando la derivación de sus teoremas lo esté y esto únicamente ocurre cuando esté expresada en un lenguaje formal, resultaba comprensible para los filósofos del empirismo lógico que la formalización, y no sólo la axiomatización, constituyera el método esencial para su objetivo de reconstruir, precisar y, en suma, identificar teorías empíricas. Esto, a su vez, explica su interés por la construcción de lenguajes formales adecuados. Los modelos de reconstrucción lógico-matemáticos eran, a juicio de los representantes del Círculo, suficientes para resolver de manera efectiva todos los problemas fundamentales suscitados en la reflexión metateórica.

No es el momento para discutir en detalle las razones que llevaron al derrumbamiento de este primer gran intento de sistematización en la filosofía de la ciencia. No obstante, podemos decir que el enfoque predominantemente formalista y sintactista de los miembros del Círculo, más que contribuir al progreso de la filosofía de la ciencia, realmente constituyó un freno. La identificación ciencia=sintaxis lógica resultó insuficiente para dar respuesta al cúmulo de interrogantes metateóricos suscitados en el terreno de las ciencias empíricas a partir de los años cincuenta con el desarrollo de la historiografía de la ciencia.

El fracaso de este primer proyecto arquitectónico trajo como consecuencia que muchos comenzaran a cuestionar la relevancia filosófica de los procedimientos de reconstrucción formal y a proponer formas de reconstrucción diferentes. Sin embargo, a pesar de este primer fracaso, es necesario hacer dos aclaraciones que consideramos pertinentes:

a. No parece razonable desaconsejar el uso de procedimientos formales o semi-formales en la reconstrucción de las teorías científicas ya que los conceptos lógicos y matemáticos hacen parte de estas teorías. Constituye, eso sí, un grave error, identificar las teorías con su formulación en un determinado lenguaje.

b. El fracaso de un método de reconstrucción no determina, necesariamente, la suerte de otros métodos.

P. Suppes y colaboradores fueron, en los años cincuenta, los primeros en advertir la confusión operada en la filosofía estándar de la ciencia consistente en identificar la teoría con su formulación en un determinado lenguaje. En forma análoga a la axiomatización bourbakiana de las matemáticas, estos filósofos de

Stanford propusieron una axiomatización de la mecánica clásica de partículas (MCP) mediante la introducción de un predicado teórico-conjuntista de la forma: «... es un S», donde 'S' caracteriza la estructura matemática de la teoría en cuestión (para el caso, la estructura matemática de la MCP). La segunda sistematización semi-formal de la MCP, si bien dejó de lado el problema de cómo una teoría empírica cuya estructura matemática ha sido descrita axiomáticamente, de acuerdo con el procedimiento de Suppes, puede transformarse en una teoría empírica real (problema de la aplicación de las teorías empíricas), buscó superar las deficiencias, desde el punto de vista del rigor lógico y de la precisión conceptual, en los distintos tratados de física producidos durante los tres siglos que transcurrieron desde la publicación de los *Principia* de Newton en 1.687 (Lagrange, Hertz, Mach, Marcolongo, Hamel, Simon, etc.).

Para Suppes y colaboradores el instrumento más adecuado para la reconstrucción de las teorías científicas era la matemática (teoría intuitiva de conjuntos) y no la lógica (cálculo de predicados de primer orden con identidad), ni la metamatemática, como había sido la propuesta de los representantes del Círculo. Stegmüller (*[2], pp. 3-7*) para diferenciar estos dos grandes tipos de sistematización operados en la filosofía de la ciencia del Siglo XX hablará del «enfoque Carnap» y del «enfoque Suppes», respectivamente. Reconoce que si bien ambos enfoques coinciden en reconocer que el primer paso para identificar una teoría científica particular consiste en determinar unívocamente su estructura matemática mediante su axiomatización, sin embargo, entre las dos propuestas existen diferencias notorias en el *modus operandi*.

Para Carnap, las teorías deben axiomatizarse dentro del lenguaje formal. Su convicción -heredera de la gran tradición lógica de Hilbert, Frege y Russell- era la de que sólo los lenguajes formales proporcionaban la herramienta necesaria para la obtención del rigor y de la precisión deseados. En su opinión, la solución de los grandes problemas metateóricos debe posponerse hasta tanto las teorías hayan sido axiomatizadas en un lenguaje artificial. Para Stegmüller el error principal de Carnap consistió en sobreestimar la capacidad humana para el manejo de la lógica matemática como instrumento de reconstrucción (*[2], pp. 5-6*) . Como sabemos, existen muy pocos trabajos de reconstrucción de teorías empíricas *reales* en un lenguaje formalizado. Tal vez uno de los casos más excepcionales es el de Richard Montague con su axiomatización de la mecánica newtoniana. Pero en palabras de Stegmüller: «Montague era un lógico extraordinario, con cuyas habilidades intelectuales y destreza técnica muy pocos de los actuales filósofos de la ciencia, si es que existe alguno, pueden competir» *(Ibid.)*.

El enfoque de Suppes, en cambio, es por completo diferente del anterior. De manera análoga a la axiomatización bourbakiana de las teorías matemáticas, Suppes y colaboradores propusieron, hace exactamente 40 años (1953), la axiomatización de una teoría física, a saber, la mecánica clásica de partículas, mediante la introducción de un predicado teórico-conjuntista, como vimos anteriormente. Desde esta perspectiva, identificar una teoría consiste en definir directamente la clase de modelos, es decir, aquellas «cosas» de que trata la teoría[1], desatendiendo los problemas que podrían suscitarse en relación con los aspectos sintácticos de la axiomatización potencialmente relevantes para un lógico. En otras palabras, se trata de proponer un procedimiento *semántico* de identificación para las teorías, en contraste con el procedimiento *sintáctico* de la llamada «filosofía estándar de la ciencia». El procedimiento semántico estaba, a juicio de P. Suppes exento de las dificultades que él mismo planteara a la axiomatización formal. En su opinión, uno de los problemas de más difícil solución en la axiomatización formal era que se requería una formalización previa, no sólo del instrumento a utilizar -lo que resultaba problemático cuando se recurría a lógicas más potentes que las de primer orden- sino también de la matemática y de la física presupuestas por la teoría, objeto de axiomatización. A este último problema subyace una dificultad metodológica expresada por Moulines y Sneed y es que, en muchos casos, las relaciones de presuposición sólo se conocen con posterioridad a la identificación de la teoría.

Sin embargo, Suppes y colaboradores solamente dieron cuenta de la estructura matemática de la MCP, olvidando que una teoría empírica como la MCP es algo más que un mero formalismo y que para su identificación no basta -como lo expresaron Suppes y colaboradores entre los objetivos de su reconstrucción- proporcionar únicamente el conjunto de axiomas, basado en una lista explícitamente establecida y adecuada de nociones primitivas.

Como respuesta a este problema aparece la tercera gran sistematización de las teorías científicas en la filosofía de la ciencia del Siglo XX conocida como la «concepción estructural», cuyos representantes más destacados son J.D. Sneed (su iniciador en 1.971), W. Balzar, W. Stegmüller y C.U. Moulines. Entre los objetivos de este programa de investigación metateórico se busca proporcionar una manera de describir ciertas partes de la ciencia empírica, y el modo como éstas se unen entre sí y con otras teorías en una estructura altamente compleja y arquitectónica. En este sentido, la «concepción estructural» comparte con Kant la idea de que debe ser en las propiedades de esta estructura o arquitectura donde debe mirarse para encontrar los rasgos esenciales del conocimiento empírico que servirían para diferenciarlo, de una manera interesante, de otras formas de conocimiento. Se trata, como dirían los estudiosos de la inteligencia artificial, de desarrollar un «esquema representacional» para el conocimiento científico.

Aunque los estructuralistas comparten con el «enfoque Suppes» los procedimientos matemáticos de reconstrucción, plantean como aspecto fundamental a resolver el de las relaciones entre las estructuras matemáticas de dichas

[1] Para esta concepción de modelo véase Balzer, Moulines and Snned, [3], Ch.I

teorías y las entidades exteriores que no son, por su parte, teorías. En otras palabras, la relación entre el núcleo formal matemático de los elementos teóricos[2] y su dominio o campo de aplicación. Lo novedoso precisamente de la «concepción estructural» fue incorporar en la reconstrucción modelo-teórica de las teorías empíricas el dominio de sus aplicaciones intencionales *(intended applications)*. La introducción de este dominio de aplicaciones produce una mayor complejidad en la estructura relacional asociada a la teoría: los modelos. En efecto, una reconstrucción como la propuesta por el programa de investigación metateórico estructuralista no puede realizarse a través de un único predicado teórico-conjuntista, sino mediante una «batería de predicados» que caractericen las funciones de las distintas clases de modelos: los modelos potenciales y los modelos potenciales parciales. Adicionalmente, dicha reconstrucción debe dar cuenta de las ligaduras *(constraints)* entre los diferentes modelos, los vínculos interteóricos entre distintos elementos teóricos (teorías), la clase de aplicaciones intencionales a las que la teoría debe, precisamente, su carácter empírico, etc., entre otros.

Con respecto al primer aspecto, conviene aclarar que la clase de modelos actuales (estructuras, conceptuadas con base en la teoría, que cumplen con las leyes o axiomas de ella) es un subconjunto propio de un conjunto «más grande» de estructuras, a saber, el conjunto de los modelos potenciales, los cuales son todos de tipo matemático. En otras palabras, el conjunto de los modelos potenciales constituye la clase de todas las estructuras del mismo tipo que la de los modelos propiamente dichos (actuales), sólo que a diferencia de éstos, no se sabe si cumplen con las leyes o axiomas de la teoría, es decir, si son en realidad modelos. Por esta razón se les llama «modelos potenciales».

Las nociones de «modelo» y «modelo potencial» pueden definirse mediante el concepto bourbakiano de «especie de estructura»[3]. Esta noción teórico-conjuntista, como lo advierte Moulines, nos permite «obtener, a partir de la propia clase de modelos de la teoría, una superclase que podemos llamar la 'clase de modelos potenciales' o de 'realizaciones posibles' de esa teoría que contiene toda la información esencial acerca de la estructura conceptual (en términos de teoría de conjuntos)» (*[5], p. 466*).

Para ilustrar esto, tomemos como ejemplo la reconstrucción teórico-conjuntista de la teoría de las estructuras (sistemas) extensivos tal como la presentan W. Balzer, C.U. Moulines y J.D. Sneed en *An Architectonic for Science. The Structuralist Program* (1986), P.4. Esta teoría nos dice bajo qué

---

[2] Para la noción de «elementos teóricos» (*Theory-Elements*), véase Balzer, W., C.U. Moulines and J.D. Snned. *Op. cit*, Ch. II, pp. 36-94.

[3] Esta noción proviene de Bourbaki. Al respecto véase [3], Ch. I. 2, pp. 6-14 y [4], Ch. IV, 1, Nos. 4-5.

condiciones los objetos de un dominio D dado pueden ser medidos mediante una función aditiva :

M(EXT): x es una *estructura extensiva* ssi. existen D, ≤ , o, tales que:
(0) x = <D, ≤, o>
(1) D es un conjunto no vacío.
(2) ≤ es una relación binaria en D
(3) Para todo a, b, c ∈ D: (Si a ≤ b y b ≤ c, entonces a □≤ c) y (a ≤ b o b ≤ a).
(4) O: D x D → D
(5) Para todo a, b, c ∈ D: a o (b o c) ~ (a o b) o c
(6) Para todo a, b, c ∈ D: a o b ~ b o c
(7) Para todo a, b, c ∈ D: a ≤ b *ssi* a o c ≤ b o c
(8) Para todo a, b, c ∈ D existe un n ∈ N tal que a < b implica na o c ≤ nb o c.

Las estructuras del tipo indicado en la condición o axioma (0) que satisfacen la definición del predicado: «... es una estructura extensiva» son modelos de la teoría de las estructuras extensivas (EXT). En concordancia con esto, las estructuras o sistemas extensivos son, como puede verse, «cosas» constituídas exactamente por un conjunto de base D (del que lo único que sabemos es la característica de ser no vacío), dos conjuntos ≤ y o construidos sobre D de una manera teórico-conjuntista mediante lo que Bourbaki llama «tipificación» (procedimiento que nos indica cómo se construyen, paso a paso, funciones o relaciones a partir de conjuntos de base asumidos), por un listado de enunciados (axiomas estructurales o impropios) que especifican el «tipo» o estructura de cada una de las nociones básicas (D, ≤ , o) tomadas, por así decirlo, en forma aislada (los axiomas (1) - (4)) y por un listado de enunciados (axiomas propios) que expresan algunas relaciones entre las nociones básicas (axiomas (5) - (8)).

Los axiomas (5) y (6) expresan que o es asociativa y conmutativa con respecto a ≤; el axioma (7) que o es monótona con respecto a ≤, y el axioma (9) expresa la llamada «propiedad arquimediana», en una versión general.

Si se mira atentamente, los grupos (1) - (4) y (5) - (8) son grupos claramente diferenciados. El primero determina el «marco conceptual» (las nociones básicas) para que una estructura (sistema) sea un candidato posible (modelo potencial) de EXT (teoría de las estructuras extensivas); el segundo, expresa las «conexiones legaliformes» que los modelos potenciales de EXT deben satisfacer para ser realmente modelos (actuales) de EXT. En otras palabras, los axiomas (1) - (4) determinan los Mp (EXT) y la adición a éstos de los axiomas (5) - (8), los M (EXT).

Además, podemos decir que la clase de modelos potenciales de una teoría dada, en este caso EXT, está determinada por especies de estructura cuyas fórmulas o enunciados (axiomas impropios o estructurales) expresan tipificaciones y nada más sino tipificaciones. En cambio, la clase de los modelos actuales está determinada no sólo por tipificaciones, sino también por «leyes reales» como los axiomas (5) -(8) en M (EXT).

Las tipificaciones, como dice Moulines, «constituyen la porción más básica de la axiomatización de una teoría; son, por así decir, su aspecto absolutamente *a priori*... Su misión consiste exclusivamente en explicitar el tipo de aparato conceptual que queremos usar» (*[6], p. 50*). En el caso de EXT, las relaciones $\leq$ y o pueden considerarse como conjuntos derivados construidos a partir de D: $\leq \subseteq D \times D$ y $o \subseteq D \times D \times D$. Sin embargo, estas dos fórmulas, aparentemente simples, encierran tres operaciones conjuntistas (proyección, conjunto potencia y producto cartesiano) que, a su vez, indican cómo se construyen, paso a paso, a partir del conjunto de base D. Mediante estas tres operaciones conjuntistas se hace posible fijar el nivel ontológico de cada uno de los componentes del sistema conceptual de la teoría y, al propio tiempo, deslindar los conjuntos de base, de las funciones y relaciones. La fórmula $\leq \subseteq D \times D$ encierra tres pasos:

1. Se toma $< D_1 , D_2 >$ y se aplican las proyecciones π_1, π_2, así:
   $\pi_1 <D_1 , D_2 > = D_1$; $\pi_2 <D_1 , D_2 > = D_2$
2. Se construye $D_1 \times D_2$, o sea, $\pi_1 < D_1 , D_2 > \times \pi_2 < D_1 , D_2 >$
3. Se construye $P (D_1, D_2)$, o sea, $P (\pi_1 < D_1, D_2 > \times \pi_2 < D_1, D_2 >)$

y, finalmente, se tipifica $\leq$ como:

$$\leq \in P (\pi_1 < D_1, D_2, > \times \pi_2 < D_1, D_2 >$$

Esta última fórmula equivale a la fórmula inicial:

$$\leq \subseteq D \times D$$

La ventaja de la fórmula obtenida sobre la inicial es de orden conceptual: ella nos indica cómo está construída la relación $\leq$ sobre el conjunto de base D. Lo que nos dice es que si queremos obtener la relación $\leq$, primero tómese la proyección sobre los conjuntos D_1, D_2, luego, constrúyase su producto cartesiano y, finalmente, considérese el producto potencia del mismo. La relación $\leq$ será un elemento de dicha construcción. Lo mismo podría hacerse para la fórmula o $\subseteq D \times D \times D$.

En suma, la distinción entre modelos y modelos potenciales que en la axiomática estándar era paralela a la distinción entre enunciados axiomáticos legaliformes y no legaliformes, adquiere, con la noción bourbakiana de «especie de estructura», una mayor nitidez al establecerse, como vimos antes, que los modelos potenciales de cualquier teoría están determinados por especies de estructuras cuyas fórmulas constitutivas expresan todas únicamente tipificaciones, y los modelos de cualquier teoría estarían determinados por especies de estructuras determinadas no sólo por tipificaciones, sino también por «leyes reales». En ese sentido los modelos son un subconjunto propio de los modelos potenciales.

Si aceptamos, como hasta ahora lo hemos hecho, la pretensión ontológica de la existencia de «cosas» llamadas «teorías» entonces tiene sentido identificarlas, a pesar de su carácter genidéntico. Esto, como lo hemos advertido anteriormente, constituye una de las tareas prioritarias de la filosofía de la ciencia, si no la más importante.

Para la identificación de las teorías, el programa metateórico de investigación estructural parte del reconocimiento de que a cada teoría científica se encuentra asociado de manera unívoca un conjunto de modelos, incluyendo no sólo los modelos actuales o modelos propiamente dichos, sino los modelos potenciales que no son otra cosa que el espacio abierto de posibilidades de éxito de una teoría. En otras palabras, si identificamos la clase de modelos asociados a una teoría (o a un elemento teórico), hemos identificado la teoría de una manera bastante precisa; y la mejor manera de identificar esta clase de modelos es a través de un conjunto de axiomas. En este caso, los axiomas, a diferencia de lo que acontece en las axiomatizaciones formales, hacen parte de la definición del predicado teórico-conjuntista.

Lo anterior (y esto es muy importante) no significa que la teoría sea solamente una clase modelos, ni que ella -como ha sido el planteamiento tradicional de la filosofía de la ciencia- se agote en el listado de sus axiomas. Si bien esto último es cierto para teorías formales como las de la matemática pura y la lógica, sin embargo no lo es para las teorías empíricas. Estas últimas poseen un grado de complejidad mayor que las primeras.

En la mayoría de las teorías empíricas interesantes existen, además de modelos, muchos otros componentes esenciales y, en consecuencia, el conocimiento de la clase de modelos no es suficiente para conocer *todo* acerca de ellas. Lo que se quiere decir es que «conocer la clase de modelos es la manera más general y precisa que tenemos de identificar unas teorías» (*[5], p. 466*), de modo análogo a como el nombre propio, la fecha y lugar de nacimiento de una persona lo son para su identificación.

A su vez, cuando se dice que la forma más simple de identificar la clase de modelos es mediante un conjunto de axiomas, no se está hablando con exclusividad de *un* conjunto particular de axiomas y, menos aún, que los axiomas agoten todo lo que es la teoría. Como se sabe, existen diferentes conjuntos de axiomas para seleccionar una misma clase de estructuras como modelos de una teoría determinada. Lo que importa, desde el punto de vista práctico (no teórico), o desde el punto de vista de las posibilidades reales y no de las posibilidades lógicas es, como lo advierte Moulines, que sepamos que «hay por lo menos un conjunto que efectivamente determina la clase de modelos necesarios para identificar una teoría» (*[5], p. 467*). En este sentido, los axiomas son muy interesantes y la presentación axiomática de cualquier teoría científica no sólo es últil «por razones de economía intelectual, sino para cumplir una de las tareas básicas de la filosofía de la ciencia: identificar teorías» (*[Ibid.]*). Afirmar esto no significa, como podría pensarse, que se está reivindicando una concepción enunciativista de las teorías o que se está privilegiando, frente a ellas, el análisis lingüístico. Lo que se quiere afirmar es que la estrategia lingüística de seleccionar un conjunto de axiomas es una estrategia útil para la determinación de los componentes no lingüísticos de las teorías: los modelos.

3. Ventajas de la axiomatización teórico-conjuntista

Ahora enumeraremos algunas de las ventajas que ofrece la axiomatización teórico-conjuntista de las teorías, de cara a las axiomatizaciones formales, en particular, a las propuestas por R. Carnap en la filosofía de la ciencia:

1. El concepto de «modelo» se puede introducir sin necesidad de apelar a un complicado aparato técnico. Para explicitar este concepto, la filosofía estándar de la ciencia se encontró ante la necesidad de realizar tres operaciones que si bien hacían que el concepto fuese formalmente intachable, ofrecían, desde el punto de vista práctico, enormes dificultades. En primer término, se requería construir un lenguaje formal para expresar la teoría en cuestión. En segundo término, era menester asignarle una interpretación semántica a ese lenguaje formal y esto implicaba sustituir las variables o términos primitivos por significados completos para obtener, de ese modo, una interpretación del sistema formal; si esta interpretación es tal que los axiomas dejan de ser meras funciones proposicionales y se convierten en proposiciones verdaderas, entonces se tiene un *modelo* del sistema axiomático. Esto último exige, en tercer término, definir una noción de satisfacción para dichas proposiciones sobre un determinado universo. En la sistematización teórico-conjuntista, por modelo de una teoría se entiende cualquier entidad (estructura) que satisfaga la definición del predicado. Aunque no se trata de una definición formal del concepto de modelo, sin embargo, es lo suficientemente exacta.

2. En la axiomatización teórico conjuntista de las teorías empíricas se resalta el carácter plurimodélico de ellas. En las axiomatizaciones formales es necesario, si queremos hablar de varios modelos, cambiar la interpretación del lenguaje formal. Esto es muy importante, pues en las teorías empíricas interesantes el número de aplicaciones es siempre mayor que uno.

3. En la axiomatización teórico-conjuntista la referencia a la estructura matemática de una teoría se facilita enormemente. La opinión de Suppes es que mediante esta forma de axiomatización ella se nos revela inmediatamente, si bien no en los axiomas, al menos sí en los modelos.

4. En la axiomatización teórico-conjuntista se introducen, además de los axiomas propios (leyes o hipótesis fundamentales de la teoría), los axiomas estructurales o impropios cuyo objeto es fijar la ontología de la teoría. En la axiomatización formal, en cambio, éstos últimos no aparecen y la ontología sólo se da en la interpretación del lenguaje formal. En otras palabras, sólo se sabrá de qué habla la teoría cuando hayamos asignado una interpretación semántica a su lenguaje formal. Este aspecto es muy importante para la «concepción estructural», pues en la diferenciación entre estos dos tipos de axiomas se fundamenta la distinción entre los modelos (actuales) y los modelos potenciales, como vimos atrás.

5. Como lo reconoce Snned, cuando se trata de teorías matemáticas de cierta complejidad resulta más fácil axiomatizar por definición de un predicado teórico-conjuntista que hacierlo a través del cálculo de predicado de primer orden con identidad. La teoría de la probabilidad axiomatizada teórico-conjuntistamente por Suppes es un excelente ejemplo de ello. Conviene aclarar, sin embargo, que la «concepción estructuralista» excluye de su consideración el conocimiento matemático, aunque para la reconstrucción de la ciencia empírica se utilizan herramientas matemáticas. Esto último no significa que se considere la ciencia empírica como idéntica estructuralmente a la ciencia matemática. Es obvio que el conocimiento matemático en tanto conocimiento formal no ejemplifica, como vimos anteriormente, todos los rasgos estructurales de la ciencia empírica.

6. La axiomatización de teorías concretas por la definición de un predicado teórico-conjuntista puede llevarse a cabo, al menos dentro del «enfoque Suppes», sin que la propia herramienta esté formalizada. La introducción del predicado se hace utilizando el lenguaje ordinario (inglés o español conjuntista) y en un nivel puramente intuitivo.

En suma, podemos decir que las ventajas de la axiomatización teórico-conjuntista no son ventajas teóricas sino, sobre todo, prácticas, y el abandono de métodos formales no significa, como piensan algunos, caer en el oscurantismo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

[1] Kant, I. *Crítica de la Razón Pura.* (A 832=B 860)

[2] Stegmüller, W. *The structuralist view of theories. A Possible Analogue of the Bourbaki Programme in Physical Science.* Berlín/Heidelberg/New York, Springer-Verlag, 1979

[3] Balzer, W., C.U. Moulines and J.D. Snned. *An Architectonic for Science. The Structuralist Program.* Dordrech/Boston/Lancaster/Tokyo. D. Reidel Publishing Co., 1986

[4] Bourbaki, N. (Pseud). *Elements of Mathematics: Theory of Sets.* Addison-Wesley, Reading, Mass, 1968

[5] Moulines, C.U. «Los términos teóricos y los principios-puente: una crítica de la (Auto) crítica de Hempel, en *Filosofía de la ciencia: Teoría y observación.* México, Siglo XXI Editores, 1989

[6] Moulines, C.U. «Tipología axiomática de las teorías empíricas», *Crítica*, Vol. XVII/ No.51/México, Dic. 1985