

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XVII JORNADAS

VOLUMEN 13 (2007)

Pío García

Luis Salvatico

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



## **Acerca de la concepción funcionalista de los modelos como mediadores autónomos**

*Adriana Spehrs\**

En esta comunicación examino críticamente la concepción funcionalista de los modelos científicos y su pretensión superadora del enfoque semántico de P. Suppes. Discuto el significado, la originalidad y la relevancia de la tesis -defendida por Morrison y Morgan- de la autonomía de los modelos y su capacidad mediadora. Concluyo, finalmente, que la ausencia de una caracterización general y unívoca de la noción de modelo torna dudosa su legitimidad y fertilidad como categoría de análisis epistemológico en el contexto de esta concepción.

### **La noción de modelo en las concepciones estándar y semántica de las teorías**

En contraste con el papel secundario -meramente didáctico o heurístico- que la concepción heredada atribuyó a los modelos, a fines del siglo veinte, la reflexión sobre su naturaleza y función devino un tópico insoslayable en epistemología. Entre los precursores de este cambio se destacan N. Campbell y M. Hesse. El énfasis en los modelos parece motivado por las dificultades que la concepción heredada enfrentó en su tentativa de interpretar el vocabulario teórico de la ciencia en términos observacionales. Pero también fue impulsado por la controvertida noción de teoría científica de esta concepción. Según los empiristas lógicos, una teoría científica es un conjunto de enunciados, cerrado con respecto a la relación de consecuencia lógica, cuya formulación precisa exige reflejar su estructura sintáctica en un cálculo axiomático. Una consecuencia indeseable de esta concepción de las teorías como entidades lingüísticas es que cualquier modificación en la sintaxis de una axiomatización particular de una teoría -por ejemplo, cambiar un axioma o el lenguaje- supone cambiar de teoría. Además, los postulados elegidos en diferentes axiomatizaciones de una misma teoría no necesariamente se corresponden con sus supuestos básicos. Asimismo, en estas diversas axiomatizaciones podrían elegirse distintos términos primitivos, que tampoco se corresponden necesariamente con los conceptos básicos de la teoría.

Por otra parte, la interpretación empírica de una teoría axiomatizada requiere, según la concepción heredada, reglas de correspondencia que vinculen los términos del lenguaje teórico con los del lenguaje observacional. Pero estas reglas sólo brindan una interpretación parcial de los términos teóricos; además, tanto su estatus como su relevancia epistemológica fueron cuestionadas. Así, Suppes negó la posibilidad de interpretar empíricamente las teorías científicas mediante reglas de correspondencia, enfatizando que la vinculación entre teorías y evidencia empírica requiere recursos formales más sofisticados. Pues, por ejemplo, los métodos para estimar los parámetros que intervienen en los modelos de una teoría, a partir de los modelos de los experimentos, no pueden caracterizarse mediante reglas de correspondencia. Por su parte, Putnam objetó la necesidad, la atingencia epistemológica e incluso la posibilidad de establecer

---

\* FFyL-UBA

una distinción teórico-observacional coextensivamente aplicable tanto a los términos como a las entidades por ellos designadas.

En suma, la concepción heredada dejó irresueltos los problemas de cómo identificar teorías y de explicar cómo éstas se vinculan con nuestras experiencias perceptivas, suscitando dudas sobre la capacidad de las teorías para proporcionar conocimiento fáctico. Para superar tales dificultades, y frente a la caracterización intrínseca de las teorías —propia de la concepción heredada— Suppes propuso su caracterización extrínseca, que consiste en definir la clase de las estructuras conjuntistas propuestas como modelos.<sup>1</sup> Los modelos son *n*-uplas ordenadas, integradas por un dominio de entidades, relaciones y operaciones sobre ese dominio de entidades. La perspectiva semántica quita preeminencia al lenguaje en que se formulan las teorías, pues éstas no son entidades lingüísticas sino clases de estructuras conjuntistas del tipo lógico apropiado, definidas mediante un predicado conjuntista.

Tanto los partidarios de la concepción estándar como los del enfoque semántico, juzgaron legítimo el proyecto de reconstrucción racional de las teorías efectivamente formuladas por los científicos. Ambos enfoques coinciden, además, en aceptar la definición de modelo como entidad no lingüística que satisface los axiomas de una teoría. Pero Suppes advierte que la formulación intrínseca de una teoría puede dar lugar a una gran cantidad de modelos formalmente diferentes pero que expresan los mismos hechos. Como esta diferencia entre esos modelos no es teóricamente significativa, pone de manifiesto las limitaciones de la axiomatización estándar.

Suppes sostiene que comprensión de la estructura de una teoría compleja y la caracterización de sus modelos requiere la demostración de un teorema de representación para los modelos de la teoría. Tal demostración supone probar que cualquier modelo de la teoría es isomorfo —o, al menos, homomorfo— a alguno de los modelos de un cierto subconjunto distinguido de modelos de la teoría.<sup>2</sup> Pero un teorema de representación debe complementarse con un teorema de invariancia, que establezca en qué medida es única determinada representación de cierta estructura. Pues sólo tienen significado empírico aquellas relaciones y operaciones que son invariantes con respecto a algunas transformaciones relevantes. Así, en el enfoque semántico la interpretación de la teoría la proporcionan los modelos, y no las reglas de correspondencia como en la concepción heredada.

A pesar de ciertas divergencias entre los partidarios de la perspectiva semántica, la relación entre los modelos de una teoría y los sistemas empíricos que representan, se describe en general, en términos de algún morfismo. Según Suppes, la circunstancia de que una teoría emplee conceptos carentes de correlato directamente observable en los resultados experimentales, torna necesaria la consideración de una jerarquía de teorías y modelos de diferente tipo lógico. La teoría a contrastar y sus modelos integran el nivel más elevado; a continuación, se ubican la teoría del experimento efectuado para la contrastación y sus correspondientes modelos. El tercer nivel lo ocupa la teoría de los datos y los modelos de los datos. Estos sólo incluyen la información experimental vinculada con los parámetros de la teoría a contrastar. Luego se ubica la teoría del diseño experimental y sus modelos, que contiene las consideraciones relativas al diseño experimental que pueden formalizarse pero que exceden los límites la teoría a contrastar. Finalmente, encontramos la teoría de las condiciones *ceteris paribus*, que incluye las consideraciones intuitivamente relevantes sobre el diseño experimental que no pueden formalizarse y

cuya relación con los modelos de los datos no puede explicitarse completamente. En cada nivel de esta jerarquía, la teoría cobra significado empírico a través de las conexiones formales con las teorías del nivel inmediato inferior. Con todo, Pero esta concepción semántica parece incapaz de garantizar la semejanza estructural entre los modelos de datos y los fenómenos que las teorías correspondientes pretenden describir, pues las relaciones entre los modelos de la teoría de las condiciones *ceteris paribus* y los modelos de los demás niveles de la jerarquía suppesiana no pueden explicitarse formalmente ni evaluarse mediante tratamiento estadístico alguno.

### **La concepción funcionalista de los modelos**

Desde fines del siglo XX, autores como Giere rechazaron la convicción semanticista de que la relación entre los modelos de una teoría y los sistemas empíricos correspondientes consista en algún tipo de morfismo. Tomando como ejemplo los modelos físicos, Giere defendió una concepción menos abstracta de los modelos, procurando explicar su vinculación con los sistemas empíricos mediante una relación de 'similaridad en ciertos aspectos', relación que carece de una elucidación precisa. Similarmente, Cartwright enfatizó la materialidad de los modelos, a los que caracterizó como máquinas nomológicas. Además, juzgó insostenible la idea de que 'los modelos ya estén en las teorías', idea que considera consecuencia del enfoque semántico. En su opinión, la actividad de elaborar modelos es más creativa y complicada que lo sugerido por esta concepción.

Inspirándose en las opiniones de Cartwright y Giere, tanto como en las de Campbell y Hesse, los partidarios de la perspectiva funcionalista objetan que el enfoque semántico no explica cómo funcionan los modelos, cómo nos dan información sobre el mundo. Aunque coinciden con los semanticistas en asignar un papel prioritario a los modelos en el análisis epistemológico, los partidarios de la concepción funcionalista no ofrecen una caracterización general y unívoca de las nociones de modelo y teoría científica. En cambio, destacan la importancia del análisis de los modelos en su diversidad, del proceso de su elaboración y del estudio de su funcionamiento en contextos específicos. Enfatizan, también, la materialidad de los modelos, y su papel tanto de instrumentos como de objetos de investigación científica.

Según Morrison y Morgan —representantes del enfoque funcionalista—, el rasgo más importante de los modelos es su autonomía o independencia parcial con respecto a las teorías y a la evidencia empírica. Pues este carácter de agentes autónomos posibilita que los modelos funcionen como mediadores entre las teorías y el mundo.<sup>3</sup> Esta capacidad mediadora es la única característica común que las autoras parecen reconocer en cualquier modelo. Morrison y Morgan ven en su tesis de la autonomía de los modelos una diferencia fundamental entre su concepción y la semántica, pues creen que el enfoque semántico niega tal autonomía por considerar todo modelo como modelo de alguna teoría.

Sin embargo, la tesis de la autonomía de los modelos parece significar sólo que los modelos son independientes de las teorías y de la evidencia empírica porque los modelos tienen un contenido ajeno a las teorías y una estructura que no está ya dada en los fenómenos. Pues, la función mediadora de los modelos —derivada de su autonomía— se describe como un vínculo entre los principios generales y los conceptos abstractos de las teorías, por un lado, y la evidencia empírica particular y concreta, por el otro. Morrison y Morgan señalan que diferentes modelos permiten aplicar los principios generales de una teoría a diferentes casos particulares, al otorgar

contenido concreto a los conceptos abstractos de las teorías, completando las descripciones formuladas en términos de tales conceptos.

Sin embargo, esta interpretación de la autonomía y la capacidad mediadora de los modelos no permite distinguir la concepción funcionalista del enfoque semántico que las autoras critican. Pues el enfoque semántico describe cada teoría como una familia de modelos, y éstos son las posibles realizaciones de la teoría que satisfacen sus axiomas. Luego, la concepción semántica también considerará que las teorías son más generales o abstractas que sus modelos. Tampoco la independencia parcial con respecto a la evidencia empírica que Morrison y Morgan atribuyen a los modelos permite diferenciar el enfoque funcionalista del suppesiano. Pues Suppes advierte que sólo puede compararse con la teoría un fragmento de los registros experimentales, debidamente procesado y dispuesto en forma canónica. Este fragmento de ya estructurado -que Suppes denomina "modelo de los datos"- es sólo una abstracción representativa del resultado de la práctica de producir datos. En suma, si la autonomía consiste sólo en que ningún modelo es reducible ni a una teoría ni a un conjunto no estructurado de datos,<sup>4</sup> entonces también los modelos suppesianos pueden considerarse mediadores autónomos.

Morrison y Morgan consideran la autonomía de los modelos como una consecuencia de que ninguna teoría provee generalmente lo necesario para elaborar modelos, de modo que se requieren elementos de otras teorías, de otros modelos y de los datos. En particular, las autoras consideran esta autonomía como resultado de que ni las teorías ni la evidencia empírica proveen algoritmos para la elaboración de modelos. Ya que gran cantidad de decisiones vinculadas con la construcción de los modelos -las simplificaciones necesarias para aplicar las herramientas matemáticas disponibles, las aproximaciones empleadas, etc.- no surgen de la teoría ni de los datos. Así, las autoras coinciden con Cartwright en negar que haya reglas generales para elaborar modelos. Sin embargo, admitir que no hay tales reglas y que la elaboración de modelos es una actividad compleja y creativa, no impide considerar el resultado del proceso elaborador como una estructura conjuntística.

Por otra parte, la adopción de determinadas aproximaciones y ciertas formas de representar relaciones empíricas, puede ser independiente de la teoría a contrastar, pero no es independiente de la teoría del experimento y de la teoría de los datos, que integran la jerarquía de teorías requerida por Suppes para vincular la teoría a contrastar con los resultados experimentales. Precisamente, porque éstos constituyen una multiplicidad diversa y compleja no directamente comparable con las teorías, se introducen aproximaciones y supuestos simplificadores para reducir los resultados experimentales a una entidad conjuntista -un modelo de los datos- directamente comparable con los modelos de la teoría. En la concepción suppesiana, los supuestos que subyacen a la adopción de formas determinadas de representar las relaciones empíricas y a la admisibilidad de ciertas aproximaciones integran la teoría del experimento o la teoría de los datos. Así, según Suppes, la noción de modelo como entidad conjuntística es la herramienta intelectual requerida para el tratamiento estadístico de la conexión entre teorías y resultados experimentales.<sup>5</sup> Pues el empleo de esta noción revela la posibilidad de analizar formalmente las relaciones entre los modelos de los diferentes niveles de la jerarquía que vincula las teorías con la evidencia empírica.<sup>6</sup>

En suma, Morrison y Morgan atribuyen autonomía a los modelos como consecuencia de la

imposibilidad de derivarlos de las teorías o de la evidencia empírica, aisladamente consideradas.<sup>7</sup> Ahora bien, la búsqueda de ejemplos que sustenten las premisas de este argumento supone disponer de criterios de identificación de teorías y de una caracterización general de las nociones teoría y modelo. Pero las autoras no proporcionan tales criterios, ni explicitan una caracterización general y unívoca que permita articular la distinción entre teorías y modelos. Por consiguiente, tampoco pueden proveer criterios para diferenciar, en cada caso, entre los supuestos de la teoría a contrastar y los supuestos de la teoría del experimento diseñado para su contrastación, ni entre los modelos correspondientes esas teorías.

Morrison y Morgan sostienen que la autonomía de los modelos es la condición que posibilita emplearlos como herramientas de exploración y desarrollo de las teorías, y también como instrumentos de medición. En este punto se evidencia que las autoras sustentan su enfoque funcionalista y sus críticas a la concepción suppesiana en una confusión entre algunas de las diversas acepciones del término "modelo" registradas en el discurso científico. Pues los modelos empleados como instrumentos de medición son modelos físicos, son dispositivos materiales tales como los péndulos que miden la aceleración de la gravedad local. En cambio, los modelos empleados en la exploración y desarrollo de las teorías —en la derivación de sus consecuencias deductivas bajo ciertas condiciones iniciales— son entidades lingüísticas, son modelos matemáticos, conjuntos de ecuaciones que dan expresión cuantitativa a los supuestos básicos de alguna teoría inicialmente formulada en términos muy generales, poco precisos y cualitativos. Asimismo, al destacar la materialidad de los modelos y, simultáneamente, afirmar que los modelos proporcionan conocimiento sobre el mundo y sobre las teorías porque son tipos de estructuras representativas de algún aspecto del mundo o de nuestras teorías, Morrison y Morgan confunden sistemas físicos concretos con estructuras abstractas.

Es importante destacar que, según Suppes, la concepción de los modelos como dispositivos materiales o sistemas empíricos concretos y su caracterización de los modelos como entidades conjuntistas no son incompatibles. Pues los elementos del modelo físico pueden considerarse como los miembros del dominio que integra el modelo conjuntista.<sup>8</sup> Sin embargo, Suppes enfatiza que la noción conjuntista de modelo es más fundamental y básica para la enunciación exacta de cualquier teoría científica y el análisis de la evidencia empírica. Además, el autor destaca que, generalmente, sólo el aspecto formal de los modelos físicos conserva su valor cognitivo con el transcurso del tiempo. Así, en el caso de los modelos mecánicos de los fenómenos electromagnéticos investigados por Maxwell, sólo mantiene vigencia la teoría matemática y no la imagen física del éter concebido como un sólido elástico. Suppes parece sugerir, entonces, que su caracterización de los modelos como estructuras conjuntistas respalda la estrategia argumentativa típica del realismo estructural. Así, se evidencia que, contrariamente a lo que suponen Giere, Cartwright, Morrison y Morgan, es innecesario destacar la materialidad de los modelos para sustentar una perspectiva epistemológica realista.

### **Consideraciones finales**

Se ha procurado mostrar que, si el contenido de la concepción funcionalista se reduce a la tesis de autonomía de los modelos y su función mediadora, entonces esta propuesta no constituye un aporte superior de las deficiencias de la concepción suppesiana que critica. En particular, el enfoque funcionalista no contribuye al esclarecimiento de la cuestión relativa a cómo los

modelos proporcionan conocimiento sobre los sistemas empíricos. Pero, además, carece de algunas las virtudes de la concepción suppesiana, tales como una caracterización precisa de las nociones de teoría y modelo, y una elucidación de la relación de representación.

La concepción funcionalista parece reducirse a un conjunto de vagas e imprecisas generalizaciones que supuestamente se derivan inductivamente de diversos casos de modelos analizados por los partidarios de este enfoque en *Models as Mediators*. Dado que esta concepción se sustenta en el análisis de casos particulares, la ausencia de una caracterización general de la noción de modelo suscita la cuestión de cuál ha sido el criterio de selección aplicado a los casos examinados. Por otra parte, si ausencia de una caracterización resulta de la falta de rasgos comunes a todos los casos analizados -o de rasgos comunes epistemológicamente relevantes-, entonces este enfoque suscita dudas con respecto a la legitimidad del empleo del término "modelo" como categoría de análisis epistemológica que reporte alguna utilidad.

## Notas

<sup>1</sup> Se elude, así, la dificultad que plantean los posibles modelos no estándar de una teoría formulada como un sistema axiomático. Pues, para la especificación de los modelos familiares o estándar son suficientes los recursos de nuestro lenguaje cotidiano, siendo innecesario recurrir a la axiomatización de la teoría. Más aun, la cuestión de si una teoría puede ser axiomatizada dentro del lenguaje de predicados de primer orden requiere disponer de antemano una forma extrínseca de caracterizar una teoría.

<sup>2</sup> En ocasiones, en cambio, es conveniente demostrar un teorema de inmersión, es decir, mostrar que hay una clase interesante de modelos de la teoría tal que todo modelo de la teoría es isomorfo -o al menos homomorfo- a un submodelo de algún miembro de aquella clase.

<sup>3</sup> Morrison, M. & Morgan, M. (1999) p. 17-18

<sup>4</sup> Más aún, si bien en la concepción de Suppes todo modelo es modelo de una teoría, por ser un modelo en el sentido tarskiano, eso no significa -como erróneamente juzgan Morrison y Morgan- que todo modelo en este enfoque sea un modelo teórico,

<sup>5</sup> Suppes, P. (1960) p. 287-301

<sup>6</sup> Suppes considera que en cada nivel la teoría cobra significado empírico a través de las conexiones formales con las teorías del nivel inmediato inferior

<sup>7</sup> Morrison, M. & Morgan, op cit. p. 11

<sup>8</sup> Suppes, P. (1960) op. cit. p. 267-301 El autor señala que, por ejemplo, un modelo de la mecánica clásica de partículas es una quintupla ordenada  $X = \langle P, T, m, s, f \rangle$  que sea una realización posible de los axiomas de la mecánica clásica de partículas. En tal axiomatización, las nociones primitivas serían las de conjunto de partículas  $P$ , un intervalo de números reales correspondiente al tiempo transcurrido  $T$ , una función posición  $s$  definida sobre el producto cartesiano del conjunto de las partículas y el intervalo temporal, una función masa  $m$  definida sobre el conjunto de las partículas, una función fuerza  $f$  definida sobre el conjunto cartesiano de las partículas, el intervalo temporal y el conjunto de los enteros positivos -conjunto que permitirá nombrar las fuerzas-

## Bibliografía

Giere, R. *Explaining Science. A Cognitive Approach*, Chicago, University of Chicago Press, 1983.

Giere, R. *Science without Laws*, Chicago, University of Chicago Press, 1999.

Morrison, M. & Morgan, M. (eds) *Models as Mediators*, Cambridge, Cambridge University Press, 1999.

Psillos, S. *Scientific Realism: How science tracks truth*, Routledge, London, 1999

Suppes, P. "A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences", *Synthese*, 12, 1960,

Suppes, P. "Model of data", *Logic, Methodology and Philosophy of Science. Proceedings of the 1960 International Congress*, Nagel, Suppes & Tarsky eds., Stanford University Press, Stanford, 1962, 252-261

Suppes, P. "Representation theory and the analysis of structure", *Philosophia Naturalis*, 1988, 25, pp. 254-258.

Suppes, P. *Representation and Invariance of Scientific Structures*, Stanford: CSLI, 2002.

Worrall, J. "Structural Realism: the Best of Both Worlds?", *Dialectica*, 43: 99-124, 1989