

EL ENREDO DE LOS MODELOS EN LOS ANALISIS DE LAS CIENCIAS FACTUALES

José Luis Falguera López.

Abstract

In *Foundations of Logic and Mathematics*, Carnap denies that «models» have any relevance as components of empirical (factual) theories. This point of view is maintained in Carnap's subsequent writings on the philosophy of science, in those of other logical empiricists (i. e., Nagel and Braithwaite) –with minor differences– and, in general, in a large part of the literature on the philosophy of science. It is opposed by other authors (i. e., Black, Harré, Hesse and Hutten) who have stoutly defended the role of models in the factual sciences and the consequent need for metascientific analyses of these sciences to take them into account as essential components of the corresponding theories. There exists a controversy concerning the relevance of models in the factual sciences. Both parties in the controversy (defenders and detractors of the relevance of models) use to do an incorrect analysis, due to certain lack of clarification among the different uses and purposes of models in the factual sciences. So, in this way the muddle model arises.

Carnap, en *Foundations of Logic and Mathematics*, dedica un apartado a «los cálculos y su aplicación en la ciencia empírica» en el que formula su propuesta sobre la estructura de una teoría empírica –mi preferencia personal es denominarlas teorías factuales, pero dado que esto no es fundamental para este trabajo haré un uso indistinto de las denominaciones de «empírica» y «factual»–. En su planteamiento, Carnap rechaza cualquier supuesta relevancia de los modelos como componentes de las teorías empíricas (factuales). Así, afirma:

«Cuando fueron propuestas como nuevos axiomas fórmulas abstractas y no intuitivas, como, por ejemplo, las ecuaciones de Maxwell sobre el electromagnetismo, los físicos intentaron hacerlas 'intuitivas' construyendo un 'modelo', es decir, una forma de representar los microprocesos electromagnéticos mediante una analogía con los macroprocesos conocidos, por ejemplo, los movimientos de las cosas visibles. Se han llevado a cabo muchos intentos en esta dirección, pero sin resultados satisfactorios. *Es importante darse cuenta de que el descubrimiento de un modelo no tiene más que un valor estético o didáctico o, en el mejor de los casos, heurístico, pero no es esencial en absoluto para una correcta aplicación de la teoría física*». (Carnap (1939), p. 144; cursiva mía).

Este punto de vista no sólo está presente en sus aportaciones posteriores a la Filosofía de la Ciencia, sino también en los trabajos de otros pensadores inscritos en el empirismo lógico (p. e., Braithwaite (1959) y Nagel (1961)) –aunque se den matices diferentes en la manera de posicionarse ante dicha cuestión– y, en general, en una parte importante de la literatura de la Filosofía de la Ciencia.

Frente a dicho punto de vista otros autores (p. e., Black (1962), Harré (1970), Hesse (1963) y Hutten (1954)) han abanderado una clara defensa de la importancia del papel que juegan los modelos en las ciencias factuales y de la consiguiente necesidad de tomarlos en consideración en los análisis metacientíficos como componentes esenciales de las correspondientes teorías.

Se ha dado, pues, una controversia acerca de la relevancia de los modelos en las ciencias factuales y en la necesidad de tomarlos en consideración como componentes de las teorías factuales. En esta controversia cabe diferenciar tres tipos de posiciones:

1.- *Punto de vista de Carnap*: Los modelos son elementos de los que se puede prescindir totalmente en las ciencias factuales y no tiene ningún interés su toma en consideración para el análisis de las teorías factuales.

2.- *Punto de vista de Nagel* (también compartido por Braithwaite): Los modelos son empleados de hecho en las ciencias factuales y, consecuentemente, puede decirse que cumplen determinado(s) cometido(s), pero no son necesarios (imprescindibles) para las mismas; por ello, es pertinente dar cuenta de ellos en un análisis de las teorías factuales, aunque sin considerarlos componentes esenciales de las mismas.

3.- *Punto de vista de Hesse* (también compartido por Harré, Hutten y Black): Los modelos son componentes relevantes de las ciencias factuales y su toma en consideración es imprescindible para el análisis de las teorías de estas ciencias.

Lo dicho arriba hace ver que se da una divergencia de puntos de vista acerca del papel de los modelos en las ciencias factuales y de su toma en consideración en los análisis metacientíficos. Sin embargo, la discrepancia debe ser considerada algo más minuciosamente, ya que cuando estudiamos con mayor detalle los diferentes pronunciamientos que dan lugar a estos tres tipos de posiciones encontramos que hay variantes en lo concerniente al aspecto concreto en el que se pronuncian, o para el que argumentan, acerca de la relevancia de los modelos. Los aspectos que, a mi entender, es pertinente diferenciar son:

- a) la génesis de nuevas teorías factuales;
- b) la expansión y las transformaciones de una teoría factual;
- c) la estructura de una teoría factual.

Un matiz más fuerte en la valoración sobre los modelos en las ciencias factuales respecto a cada uno de los anteriores aspectos, resulta cuando no se habla en términos de mera relevancia sino que se plantea su *esencialidad*.

Debe resultar evidente que los roles de los modelos en relación con cada uno de los tres aspectos apuntados arriba –génesis, expansión y transformación, y estructura– son lógicamente independientes entre sí en el siguiente sentido: los modelos pueden ser relevantes para la génesis de las teorías sin que jueguen papel alguno en su posterior expansión y transformación o en la explicitación de su es-

estructura intrínseca; también puede darse que sean relevantes en lo concerniente a su expansión y transformación de las teorías sin que sean componentes determinantes de sus estructuras; sin embargo, si juegan algún papel relevante en lo concerniente a la expansión y transformación de las teorías, entonces parece justificado pensar que también han de jugarlo en lo concerniente a su génesis, y si constituyen componentes relevantes de la estructura de una teoría, entonces han de tener que ver con su génesis y con sus expansiones y transformaciones. En todo caso, parece justificada la diferenciación entre los tres aspectos señalados. De hecho debe destacarse que al defender o justificar una u otra de las posiciones arriba recogidas, rotuladas como los puntos de vista de Carnap, de Nagel y de Hesse, en diferentes trabajos de análisis de las ciencias factuales, con frecuencia sólo se atiende a uno de los aspectos mencionados ignorando tácitamente los otros —o alguno de los otros dos—. Ello da lugar a ciertas confusiones en la valoración de los modelos para las ciencias factuales, por hacer consideraciones atinentes a un determinado aspecto y formular una conclusión genérica sobre la relevancia de los modelos que aparentemente alcanza a los tres aspectos.

Resulta, pues, necesario explicitar sobre qué aspecto se argumenta en cada ocasión al pronunciarse sobre la relevancia de los modelos en las ciencias factuales. Pero, no se acaban los equívocos con la explicitación de sobre qué aspecto se está argumentando al posicionarse a favor o en contra de la relevancia de los modelos en las ciencias factuales. Para evitar los efectos nocivos en la argumentación entiendo que es preciso tener en cuenta que el término «modelo» tiene usos diferentes en las ciencias factuales. De esta forma, el problema no consiste en pronunciarse de manera genérica sobre la relevancia de los modelos para las ciencias factuales, ni siquiera de la relevancia de los modelos para uno u otro aspecto de los arriba diferenciados; el problema debe plantearse en los términos de cuáles, si es que alguno, de los usos del término «modelo» en las ciencias factuales es relevante para cada uno de los tres aspectos considerados, y cuáles no.

Adoptando una distinción similar a la desarrollada por M. Black ([1962], pp. 216-238), podemos considerar los siguientes usos del término «modelo» en las ciencias factuales:

- i) modelo como «reproducción a escala de algo», llamado *modelo a escala*;
- ii) modelo como «formulación matemática de un campo de investigación», llamado *modelo matemático*;
- iii) modelo como «analogía con respecto a un determinado sistema específico», llamado *modelo analógico*;
- iv) modelo como «(re)conceptualización de un sistema específico, no bien conocido o comprendido con anterioridad», llamado *modelo teórico*.

Pero antes de tratar sobre estos usos del término «modelo», permítaseme aclarar que entiendo que subyace una condición común a esos diferentes usos; de manera que dichos usos resultan de condiciones específicas que adopta una noción común de «modelo», conforme a diferentes maneras de darse la relación de «*ser modelo de*». Según esto, algo es *modelo*, para cualquiera de los usos señalados, en tanto que *es un sistema mediante el que se postula una representación conceptual de un asunto determinado —real o ficticio— conforme a determinada finalidad, constituyendo*

tal representación conceptual un sistema abstracto. Así pues, conforme a esto el papel fundamental de los modelos es el de *representar*. Por lo que concierne a la relación de «*ser modelo de*» cabe indicar que intervienen, a *grosso modo*, tres componentes: lo modelado, que denomino *asunto*; lo que es vehículo de representación, que denomino *soporte material*; y la representación conceptual que se postula o lo-que-se-representa-de-algo-mediante-algo en la relación de «*ser modelo de*», que denomino *sistema conceptual*. Los usos arriba considerados resultan de las especificaciones que adquieren los componentes de la relación de «*ser modelo de*» y de la peculiar manera de postular la representación en dicha relación; por lo tanto, son especificaciones de esa noción común de «*ser modelo de*».

Volviendo ahora sobre los usos mencionados, debemos decir que los de «*modelo a escala*» y de «*modelo matemático*» tienen un interés secundario aquí, ya que sólo entran en juego en la discusión sobre la relevancia de los modelos en las ciencias factuales para ser tomados como expresión los primeros de modelos analógicos y de modelos teóricos y los segundos solamente de los teóricos. La peculiaridad de los modelos a escala en estos casos es que el soporte material no sólo es vehículo de representación, sino que en cada caso tiene determinadas propiedades físicas que se consideran similares a las propias de su asunto, que a su vez es asunto del correspondiente modelo analógico o teórico que el modelo a escala expresa. La peculiaridad de un modelo matemático es que sirve para expresar modelos teóricos mediante una batería estructurada de fórmulas matemáticas, que suponen un determinado procedimiento de conceptualización mediante el que es posible la indagación precisa, con cierto rigor, y en cierta medida simplificada, de un determinado campo de investigación.

Centrémonos, pues, en los usos de «*modelo analógico*» y de «*modelo teórico*», que son los que esencialmente entran en juego en la discusión sobre la relevancia de los modelos en las ciencias factuales. Con el uso de «*modelo analógico*» se busca proporcionar un sistema similar, en algún respecto, al asunto del que es modelo. La relación de similaridad (o analogía) de un sistema con respecto a otro es más débil que la de reproducción —peculiar ésta de los modelos a escala—. Además, esta similaridad entre el modelo analógico y su asunto no requiere disponer de hecho del sistema concreto que es similar al asunto que se modela; es decir, en el caso de los modelos analógicos —como bien señala Achinstein (Cfr. (1968), p. 211)—, y a diferencia de los modelos a escala, no precisan ser construidos, basta describirlos para dar cuenta de la similaridad.

Por otro lado, el uso de «*modelo teórico*» responde a la necesidad de proporcionar una manera de concebir un (tipo de) sistema concreto del mundo externo, que lo haga más comprensible que las descripciones disponibles con anterioridad al uso del aparato conceptual que se incorpora a través del modelo teórico en cuestión. Un modelo teórico siempre está en relación directa con una determinada teoría factual, la cual pretende dar cuenta del ámbito del mundo al que pertenece el asunto del que trata el modelo teórico en cuestión. Un modelo teórico es la conceptualización que proporciona una teoría de una / (un tipo de) parcela del mundo externo. Evidentemente, tampoco un modelo teórico precisa ser construido en concreto.

Si retornamos ahora al texto de Carnap con que iniciábamos este trabajo, podemos descubrir que el rechazo que allí se manifiesta a la supuesta relevancia de los modelos, en general, en las ciencias factuales se formula a partir de la exclusiva consideración del uso correspondiente a los modelos analógicos. Por otro lado, los defensores de la relevancia de los modelos en las ciencias factuales parece que en su argumentación tratan exclusivamente con casos de modelos analógicos. Si no me equivoco, tanto detractores como defensores de la relevancia de los modelos en las ciencias factuales suelen hacer un análisis incorrecto, fruto de cierta falta de clarificación entre los distintos usos de modelos en las ciencias factuales y los diferentes cometidos que les corresponden en las mismas.

Un caso curioso lo proporciona el análisis de M. Hesse en el Cap. I de su *Models and Analogies in Science* (Cfr. (1963), pp. 8-62), donde presenta un diálogo ficticio entre un supuesto seguidor de Campbell y un supuesto seguidor de Duhem. Con ambos pretende representar las que son las dos posiciones antagónicas en la valoración de los modelos respecto a su necesidad en las ciencias factuales. El duhemiano adopta el que he llamado punto de vista de Carnap. De hecho, bien podría decirse que el interlocutor duhemiano más bien parece ser un empirista lógico, pues defiende una concepción de las teorías factuales como sistemas deductivos formales que tratan sobre el mundo en la medida en que disponen de términos descriptivos básicos que se interpretan como nociones observacionales. Por otro lado resulta evidente que el interlocutor campbelliano no es otro que la propia M. Hesse defendiendo lo que arriba he denominado su punto de vista sobre el papel de los modelos en la ciencia. En cualquier caso, resulta claro a través del diálogo que la discordia respecto a la valoración de los modelos en las ciencias factuales alcanza a los tres aspectos arriba señalados: a) la génesis de nuevas teorías científicas; b) la expansión y transformaciones de una teoría científica; c) la estructura de una teoría científica; aunque al duhemiano le interesa de manera especial argumentar contra la relevancia de los modelos en el último aspecto.

Hemos de hacer notar que, ya muy al comienzo del diálogo, el campbelliano establece una distinción entre dos sentidos específicos de la expresión «modelo» que están presentes en su argumentación: modelo₁ y modelo₂. Su «modelo₂» es lo que yo he llamado «modelo analógico», es decir, un sistema que es —o se toma como— similar —análogo— al asunto a estudiar, y que por ser aquél mejor conocido puede emplearse para comprender el asunto en cuestión. Hesse distingue, en boca del campbelliano, tres planos en la relación de analogía entre el modelo analógico y su asunto: analogía positiva, analogía negativa y analogía neutral. La analogía positiva la proporcionan las propiedades del modelo que son proyectadas al asunto. La analogía negativa la proporcionan aquellas otras propiedades conocidas del modelo que se sabe que no corresponden al asunto. La analogía neutral la proporcionan el conjunto de propiedades que no constituyen la analogía positiva ni la negativa, tales propiedades son de gran importancia porque son sobre las que es posible realizar nuevas predicciones.

Por modelo₁ se entiende la peculiar manera en que se concibe un (tipo de) fenómeno que es objeto de estudio. En palabras de Hesse, «es la copia imperfecta ... menos la analogía negativa conocida, así que sólo estamos considerando la ana-

logía positiva conocida, y la clase de propiedades (probablemente abierta) sobre la que todavía no se conoce si son analogías positivas o negativas.» Y añade: «Cuando nosotros consideramos una teoría basada sobre un modelo como una explicación para un conjunto de fenómenos, estamos considerando las analogías positiva y neutral, no la analogía negativa, la cual ya sabemos que podemos descartar» (sic. Hesse (1963), pp. 10-11). Resulta fácil ver que el modelo₁ no corresponde al modelo analógico –aunque en ocasiones pueda surgir a partir de éste– sino al modelo teórico.

Pues bien, a pesar de la inicial distinción formulada por Hesse, en el resto del texto se habla genéricamente de modelo, cuando lo interesante sería haber diferenciado con claridad los cometidos de los modelos analógicos y los modelos teóricos. Es más, su insistencia en ejemplos de modelos analógicos parece dar a entender que finalmente concluye que éstos son esenciales para todos los aspectos considerados –génesis, expansión y transformación, y estructura de las teorías factuales– y, por ello, relevantes en metaciencia. Sin embargo, atendiendo a su propia distinción entre modelo₁ (teórico) y modelo₂ (analógico) los argumentos que desarrolla a través del campbelliano sólo permiten concluir que los modelos analógicos son interesantes en cuanto permiten generar modelos teóricos y con ello generar teorías; y, una vez formulada una nueva teoría, modelos analógicos para esa teoría pueden permitir expandirla a nuevos ámbitos de problemas y dar lugar a transformaciones de la teoría. Pero, no se desprende de tal argumentación que los modelos analógicos sean esenciales, es decir, imprescindibles en ninguno de los aspectos considerados. Respecto a los modelos teóricos, estos sí resultarían fundamentales, conforme a la argumentación de Hesse, en lo que concierne a los problemas relacionados con la explicación de los fenómenos por una teoría e interpretación completa del sistema formal de una teoría, y por ello esenciales a la estructura de una teoría factual.

Por mi parte me muestro partidario de aceptar esta reinterpretación de los argumentos que Hesse defiende en boca del campbelliano, concluyendo que: puede ser interesante tomar en consideración los modelos analógicos en los análisis metacientíficos de las ciencias factuales que conciernen a la génesis y a la expansión y transformación de las teorías, pero no parece que sean componentes esenciales de la estructura de una teoría; mientras que los modelos teóricos sí son componentes esenciales de la estructura de una teoría factual y, por ello, no sólo es conveniente su consideración en los análisis que conciernen a la génesis, y a la expansión y transformación de las teorías –además de a la propia estructura–, sino que es imprescindible para su correcta comprensión.

Además, debo añadir que entiendo que el uso de «modelo teórico» es el que se intenta capturar mediante la noción específica de modelo manejada en los análisis metacientíficos debidos a las concepciones semántica (Van Fraassen, Suppe, Giere,...) y estructuralista (Sneed, Stegmüller, Moulines, Balzer,...), y a su común predecesora la concepción teórico-conjuntista (Suppes, McKinsey, Adams,...). Aceptando esto, que deberá ser justificado en otra ocasión (Cfr. Falguera (1992)), cabe formular las siguientes consideraciones:

i) Los *modelos analógicos* pueden ser relevantes para dar cuenta de la génesis de nuevo conocimiento científico y en especial de nuevas teorías científicas, en

algunos casos. Es más, posiblemente su interés no se restrinja a la perspectiva de los análisis históricos, psicológicos y sociológicos, sino que también sea interesante para una explicación que pretenda dar cuenta de la lógica del descubrimiento. No obstante, no hay razones para pensar que sean imprescindibles para la génesis de nuevo conocimiento y de nuevas teorías.

ii) De la misma forma, los *modelos analógicos* pueden ser relevantes para dar cuenta de la expansión y de las transformaciones de alguna teoría, aunque no puede decirse que sean imprescindibles en la expansión y transformaciones de las teorías.

iii) Los *modelos analógicos* no son necesarios, en cualquier caso, para dar cuenta de la estructura de una teoría factual, tanto en lo que concierne a la estructura sincrónica como en lo que concierne a la estructura diacrónica, ya que no son elementos esenciales de las teorías.

iv) Los *modelos teóricos* son relevantes y esenciales para abordar los problemas semánticos de las teorías y, en especial, los que tienen que ver con el significado de sus términos componentes.

v) Los *modelos teóricos* son relevantes y esenciales para dar cuenta de la estructura de una teoría factual, tanto en lo que concierne a la estructura sincrónica como en lo que concierne a la estructura diacrónica.

Entiendo que a «iv») y «v») las avalan los logros de la concepción semanticista y, especialmente, los de la concepción estructuralista. Mientras que «i)», «ii)» y «iii)» resultan de aceptar las críticas de los empiristas lógicos respecto a la esencialidad de los modelos como concerniendo a los modelos analógicos, y la consideración de que, aún así, puede ser útil tenerlos en cuenta en algunos casos.

Bibliografía*

- Achinstein, P. (1971), *Concepts of Science. A Philosophical Analysis*. The Johns Hopkins Press, Baltimore.
- Adams, E. W. (1959), «The Foundations of Rigid Body Mechanics and the Derivation of Its Laws from those of Particle Mechanics», en Henkin-Suppes-Tarsky, *The Axiomatic Method*, North-Holland, Amsterdam.
- Balzer, W.-Moulines, C. U.- Sneed, J. D. (1987), *An Architectonic for Science: The Structuralist Programm*. Reidel, Dordrecht.
- Black, M. (1962), «Models and Archetypes», en *Models and Metaphor*, Cornell Univ. Press, Ithaca, pp. 219-243. (Vers. Cast., «Modelos y arquetipos», en *Modelos y Metáforas*, Ed. Tecnos, Madrid, 1966, pp. 216-238).
- Braithwaite, R. B. (1959), *Scientific Explanation*, Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Carnap, R. (1939), *Foundations of Logic and Mathematics*. Univ. of Chicago Press, Chicago. (Reprinted en Neurath, O.-Carnap, R.-Morris, Ch. *Foundations of the Unity of Science. Vol. 1*. The Univ. of Chicago Press. Chicago & London, 1971³, pp. 139-212). (Vers. Cast. *Fundamentos de Lógica y Matemáticas, Taller de Ediciones Josefina Betancor, Madrid, 1975*).
- Falguera, J. L. (1991), «La noción de modelo en los análisis de la concepción estructuralista», en *Agora*, 11/1: p. 97-104.

- Giere, R. N. (1988), *Explaining Science. A Cognitive Approach*. The Univ. of Chicago Press. Chicago and London.
- Harré, R. (1970), *The Principles of Scientific Thinking*. Mc Millan, London.
- Hesse, M. (1963), *Models and Analogies in Science*. Sheed and Ward, London and New York.
- Hutten, E. H. (1954), «The Role of Models in Physics», en *The British Journal for the Philosophy of Science*, 4: 284-301.
- McKimsey, N. C. C.-Sugar, C.-Suppes, P. (1953), «Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics», en *Journal of Rational Mechanics And Analysis*, II: 253-272.
- Nagel, E. (1961), *The Structure of Science*. Horcourt, Brace & World, New York.
- Sneed, J. D. (1971), *The Logical Structure of Mathematical Physics*. Reidel, Dordrecht.
- Stegmüller, W. (1973), *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*. Springer, Heidelberg (English Version: *The Structure and Dynamics of Theories*. Springer, New York-1976).
- Suppe, F. (1989), *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*. Univ. of Illinois Press. Urbana and Chicago.
- Suppes, P. (1970), *Set-theoretical Structures in Science*. Stanford Univ., Stanford.
- Van Fraassen, B. C. (1980), *The Scientific Image*. Clarendon Press, Oxford.

*Cuando hay versión castellana las páginas de las referencias bibliográficas corresponden a esta versión.

José Luis FALGUERA LÓPEZ
 Universidad de Santiago de Compostela