



II Jornadas de Investigación en Humanidades

30, 31 de agosto y 1 de septiembre 2007

**Universidad Nacional del Sur
Departamento de Humanidades
Bahía Blanca, Argentina**

Auspiciantes:

**Fundación Ezequiel
Martínez Estrada**

**Cátedra Libre de
Derechos Humanos del
Departamento de
Humanidades de la
Universidad Nacional
del Sur**

Los usos del término “Modelo”.
Necesidad de distinguir tres contextos diferentes: ordinario, científico y metacientífico.

Silvina Damiani
Universidad Nacional del Sur
sdamiani@criba.edu.ar

Introducción

Dado que el uso del término ‘modelo’ ocurre en contextos muy diversos es necesario, antes de emprender la tarea de precisar su/s sentido/s, enumerar cuáles son. Así, estableceremos que existen tres contextos en los cuáles se usa el término ‘modelo’, a saber, el contexto del uso ordinario, el de las ciencias y el de las metaciencias. La polisemia de la noción *modelo* podría basarse no sólo en los diversos contextos en que es usado sino también en los diversos usos propios de cada contexto. Si hay o no un modo de reducir algunos sentidos a otro más fundamental, es la pregunta cuyo propósito se busca responder en esta contribución.

Desarrollo

Contexto del lenguaje ordinario: consideraciones generales

Podría aducirse que el uso lingüístico vulgar del término, que nosotros llamamos *contexto del lenguaje ordinario*, no debería formar parte de esta investigación, puesto que el resultado que se busca, estaría relacionado con un sentido técnico o más preciso. Sin embargo, hay al menos una razón de peso que justifica incluirlo en nuestro examen, aún cuando éste sea muy breve.

A saber, que en la tarea de precisar un término, el sentido ordinario es aquel del que se parte a fin de restar vaguedad o ambigüedad; pero, luego, tras alcanzar la precisión medianamente artificial del concepto en cuestión, es deseable que éste no se aleje demasiado de su sentido original.

Contexto científico: consideraciones generales

El uso del concepto *modelo* en este contexto será brevemente tratado a partir del uso que hacen de él los científicos, en particular los científicos empíricos. La razón de que nos interese examinarlo especialmente dentro de estas disciplinas obedece a que el sentido de ‘modelo’ en ciencias formales se entiende en términos de la Teoría de Modelos y, como ésta pertenece a la metamatemática, lo trataremos en el contexto de las metaciencias.

Los diferentes criterios que dan lugar a clasificaciones diversas de modelos pertenecen en su mayoría a éste ámbito. Sin embargo, la discusión sobre su sentido no; dicho de otro modo, los científicos diseñan sus modelos y discuten o comparten su utilidad o conveniencia, pero difícilmente duden acerca de que tal diseño pueda ser llamado *modelo*.

Contexto metacientífico: consideraciones generales

La discusión acerca de qué sea un modelo corresponde a este contexto. En general, el mayor desacuerdo acerca del sentido del término ‘modelo’ y, por tanto, de su *polisemia* se origina al compararse: i) el uso que los diversos científicos hacen en referencia a sus diseños, pero con la aclaración de que tales usos son objetos de estudio de las otras clases de disciplinas (de la filosofía, por ejemplo, como es nuestro caso) y ii) el uso de las diferentes concepciones epistemológicas y el uso propio de los científicos; Es decir, cuando un epistemólogo y un científico usan el término ‘modelo’ es probable que *en cierto sentido* no estén hablando exactamente de lo mismo.

Contexto del lenguaje ordinario

La maqueta de un edificio, de un aeroplano o, en general, de cualquier objeto real, decimos en nuestro uso común, que es un modelo del mismo. De igual manera, consideramos el globo terráqueo como modelo del planeta tierra o un mapa como modelo de un determinado lugar geográfico. A partir de estos ejemplos tenemos una primera aproximación de lo que en general se entiende por el término ‘modelo’. *Grosso modo* expuesto, un modelo consiste en la representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades.

Esta primera definición nos ofrece, además, una característica fundamental de la noción de modelo, en tanto plantea la relación de representación. Dicho burdamente, “un modelo siempre representa algo para alguien”. Qué sea *ese algo* es lo que habrá que precisar. Sin embargo, ya en este primer contexto nos encontramos con una ambigüedad en el uso. A menudo usamos el término ‘modelo’ para referirnos a la representación y otras veces para referirnos a lo representado. Ejemplo del primero es la expresión: “Juana es modelo de tal fotografía”, mientras ejemplos del segundo son todos nuestros ejemplos anteriores: la maqueta del edificio (lo representado), decimos, es modelo de este edificio. Esta ambigüedad se traslada a la ciencia.

Contexto científico

Los ejemplos dados, maqueta, mapa, etc. son tipos de modelos de uso frecuente en física y en ingeniería. Por su naturaleza, éstos se denominan físicos, a escala o materiales por oposición a los modelos imaginarios, mentales, o teóricos, que sólo se encuentran en la mente del científico. Lo que a nosotros nos interesa es la cuestión: ¿con qué propósito los científicos diseñan modelos?

Una situación común entre los investigadores empíricos (sociales, físicos, etc.), consiste en que a menudo se encuentran enfrentados a sistemas¹ que desean describir teóricamente cómo funcionan y que por diferentes razones no pueden lograrlo. Normalmente, las diferentes razones se reducen a una: la complejidad del sistema, entendido esto en dos sentidos: o bien porque el sistema es enormemente complicado, o bien porque es parcial o totalmente desconocido. Dada la complejidad

¹ *Sistema* entendido como conjunto de objetos bien delimitados junto con las propiedades, relaciones e interrelaciones que definitivamente pueda establecerse entre tales objetos. Mosterín (1984) p.132.

del sistema y, por tanto la imposibilidad de construir la teoría explicativa, el investigador puede intentar construir un sistema más simple con algunas de las características o rasgos del sistema complejo. La representación de este sistema simple no tiene porque ser material o física, puede estar sólo en la cabeza del investigador, ser imaginaria. Lo importante es que una vez representado ese sistema simple sobre la base de una teoría que convenientemente lo describe, también se cumpla lo que dice esa teoría en el sistema más complejo. Si este es el caso, entonces el sistema simple *sirvió de modelo* al sistema complejo y ello en virtud de ciertos rasgos comunes. Esos rasgos o características comunes a ambos son los que manifiestan cierta estructura en común. Esa estructura es seguramente lo descrito por la teoría explicativa. Luego, ambos son modelos de esa estructura o, lo es lo mismo, ambos son modelos de la teoría.

Consideremos un caso ilustrativo: Supóngase que se desea probar la resistencia de un nuevo material para aviones en condiciones de inclemencias climáticas. La opción de contrastarlo en un aeroplano real podría resultar inconveniente por varios motivos, económicos, o de seguridad o de cualquier otro tipo. Luego, el ingeniero construye un aeroplano-maqueta que permita hacer las pruebas pertinentes en condiciones controladas y seguras y observa cómo funciona. Ahora bien, si este modelo a escala pasa con éxito los ensayos y por tanto “muestra” la resistencia del material en ciertas condiciones dadas, el ingeniero esperará que con el objeto real, el avión, ocurra lo mismo. Si es el caso entonces la maqueta se constituye en su modelo; si no, no.

Ahora bien, interpretemos este ejemplo a luz de lo expuesto: el modelo representa no el objeto real, sino un sistema. Ciertamente, lo que al ingeniero le interesa del modelo a escala es que sirva de modelo de un sistema más complejo. En consecuencia, hay que distinguir entre *servir de modelo* y *ser modelo de*². El sistema simple no es estrictamente modelo del sistema complejo, sino que sirve de modelo de éste último. Pero ambos, dijimos, son modelos de la misma teoría. En la medida en que son modelos de rasgos estructurales comunes es que puede concluirse que *servir de modelo de* es reducible a *ser modelo de*. En suma, la construcción de modelos (y no los diseños que *sirven de* modelo) por parte de los investigadores empíricos tiene por finalidad describir lo más adecuadamente posible el sistema objeto de estudio, esa parcela de la realidad de la que se ocupan.

2.3-contexto metacientífico

En la Teoría Clásica de Modelos la definición de *Modelo* es como sigue: en una realización posible, en la cual todos los enunciados válidos de una teoría T son satisfechos, se llama modelo de T³. La interrelación entre teoría, sistema y modelo estudiada por la teoría de modelos, ofrece

² Mosterín, J (1984). Pág 154

³ Tarsky A. (1953) “A General Method in Proofs of Undecidability” en Tarsky et al. (eds.) *Undecidable Theories*, North-Holland, Amsterdam, pág.11

métodos precisos. En ellos se inspiraron algunas de las corrientes de la filosofía de la ciencia como la iniciada por Patrick Suppes y el programa de reconstrucción estructuralista.

El concepto de Modelo en Suppes y colaboradores:

Suppes, adelantó, por primera vez, la idea de que el concepto lógico de *modelo* es aplicable tanto a teorías matemáticas como a teorías físicas⁴. Así, el concepto clásico de *modelo* de Tarsky, como una realización posible que satisface todos los enunciados de una teoría, es aplicable a las teorías físicas como a las empíricas en general. En su obra “Estudios de filosofía y metodología de la ciencia”, asevera que el significado de *modelo* es el mismo en las matemáticas y en las ciencias empíricas. La diferencia se encuentra en sus usos. Dicho de otro modo, sostiene, que hay constancia de significado y diferencia de uso.

Lo que debe tenerse en cuenta es que los modelos (en sentido tarskiano) no son entidades lingüísticas, mientras que las teorías sí lo son. Sin embargo, una vez axiomatizada la teoría, el modelo se convierte en una entidad conjuntista que es cierto tipo de tupla ordenada consistente en un conjunto de objetos y relaciones y operaciones sobre esos objetos

Por ejemplo, la Teoría de la Mecánica Clásica de Partículas puede axiomatizarse en términos de cinco nociones primitivas, una quintupla ordenada $X = \{P, T, s, m, f\}$ tal que:

- 1) P es el conjunto de las partículas
- 2) T un intervalo de números reales correspondientes a un tiempo transcurrido
- 3) s una función posición definida sobre el producto cartesiano del conjunto de partículas y intervalo temporal.
- 4) m una función masa definida sobre el producto cartesiano del conjunto de partículas
- 5) f una función definida sobre el producto cartesiano del conjunto de las partículas.

Ahora bien, la realización posible en la cual todos estos enunciados de la teoría sean satisfechos simultáneamente constituirá un modelo de esta teoría. El científico idealmente puede entender por *partícula* cosas distintas: en un caso, el sol y los planetas; en otro, la tierra y la luna; Si se cumple para ese universo lo que afirma la teoría, entonces el científico habrá descubierto modelos de ella. Ahora bien ¿existe relación entre el modelo de la teoría así entendido y el modelo diseñado por los científicos, de modo que pueda entenderse el concepto de *modelo* en el mismo sentido? Sí, porque lo que se reemplaza son los términos abstractos por términos de entidades definidas en conexión con experimentos. Luego, si la realización satisface los enunciados, entonces se constituye un modelo de la teoría.

Para Suppes, entonces, el modelo tal como es usado por los científicos empiristas, no diferiría semánticamente del concepto de *modelo* de las matemáticas puras. El legado de la perspectiva

⁴ Suppes (1988) Pág.112 y sigs.

suppesiana consiste en mostrar que la tesis clásica de que los enunciados y proposiciones son las unidades básicas de las teorías, resulta una visión simplista de la ciencia. Las teorías tienen una estructura mucho más compleja. Son, por decir así, entidades conjuntistas cuyas realizaciones se llaman *modelo*. Ahora bien, este programa de reconstrucción de las teorías empíricas coincide con el llevado a cabo en las matemáticas⁵. En definitiva, lo que Suppes no vio es que considerar que las teorías matemáticas y las teorías científicas (empíricas) comparten la misma estructura es también una visión simplista de la ciencia. Las teorías empíricas poseen una estructura más compleja que lo que puede abarcar una axiomatización.

Las teorías empíricas, a diferencia de las de las matemáticas, están construidas en vistas a algunas aplicaciones concretas. Este aspecto pragmático es fundamental. Por eso, surge un grupo de filósofos de la ciencia ocupados en proporcionar un concepto adecuado de teoría que incluya esta noción fundamental de aplicación. Sneed, Stegmuller, Van Fraassen, entre otros, son algunos ellos.

La concepción estructuralista⁶

Una teoría será entendida como una estructura conceptual compleja, cuyas unidades son, a su vez, estructuras elementales llamadas *modelos*. Cada modelo es una estructura a dos niveles en la que se distinguen dos clases de conceptos: aquellos que son específicos de la teoría y que no tienen sentido fuera de ella (conceptos teóricos), y aquellos que presuponen teorías previas y que constituyen algo así como la base confirmatoria de la teoría en cuestión (conceptos no teóricos). Esta distinción es funcional y por tanto relativa a la teoría en cuestión. Por ejemplo, en la Teoría de la Mecánica Clásica, la posición en el espacio es un concepto no teórico, puesto que puede ser determinada por procedimientos ópticos (no mecánicos). Sin embargo, masa y fuerza son conceptos teóricos respecto de la teoría de la mecánica clásica de partículas porque presuponen para su medición (balanza, por ejemplo) la aplicación de esa misma teoría.

La multiplicidad de aplicaciones que constituyen una teoría es un conjunto abierto en el sentido que no se puede determinar extensionalmente de una vez por todas. Una teoría ahora consiste en una multiplicidad abierta de modelos o aplicaciones, que sistematizan diferentes escorzos de la realidad. La Mecánica Clásica, por ejemplo, tiene diversas aplicaciones, es decir, diversos modelos: el sistema planetario en su totalidad es uno de ellos, otro es el sistema Tierra- Luna-Sol, un tercero es la trayectoria de un proyectil en la superficie terrestre, y cualquier otro que satisfaga el predicado de la Mecánica Clásica de Partículas

⁵ Similar a la reconstrucción de la matemática emprendida por el grupo Bourbaki en la que sólo se presuponen conceptos y procedimientos constructivos de la teoría de conjuntos.

⁶ “El Programa Estructuralista fue iniciado por Joseph Sneed (1971), reelaborado y divulgado por Wolfgang Stegmuller (1983 y 1981) y ha culminado, en la obra *An Architectonic for Science* de Balzer, Moulines y Sneed. Los precedentes metodológicos de esta concepción son Tarski y Suppes. Extraído de Moulines (1992)

Ahora bien, los modelos de una teoría no aparecen aislados, sino interconectados formando una estructura global. Frecuentemente, estas interconexiones se deben a que un mismo individuo aparece en modelos diversos. Nótese que el planeta tierra aparece en tres modelos distintos en los ejemplos anteriores. A estas relaciones intermodélicas esenciales a la teoría misma, Moulines las llama “condiciones de ligadura”⁷. En suma, la teoría es mucho más que un conjunto de axiomas que determinan modelos, pues existe importantes condiciones adicionales que ligan los distintos modelos entre sí.

Pese a la brevedad con hemos expuesto la concepción Estructuralista y que debe considerarse menos que una síntesis, alcanza para hacer algunas consideraciones respecto de nuestro propósito de examinar el concepto de *modelo*.

Siendo la idea básica del Estructuralismo que no se puede separar completamente la teoría de sus modelos, ya que éstos están incluidos conceptualmente en el núcleo estructural de la teoría, se ha afirmado frecuentemente que la distinción Teoría-Modelo colapsa. ¿Es verdad? No, si se considera el aspecto pragmático de los modelos. Es decir, si se considera que no es posible determinar extensionalmente todos los modelos de una teoría dada. Los modelos potenciales de una teoría son ilimitados, puesto que siempre podrán obtenerse modelos de la teoría de una parcela de la realidad en el presente desconocida o inexplorada. Sin embargo, en cierto sentido es cierto, si se considera la teoría como modelo en el sentido de una estructura que satisface determinados axiomas.

En suma, existe un *sentido* de “modelo” extraído de la semántica formal como estructura que satisface determinados axiomas; y un *uso* de “modelo” de carácter más pragmático, por decir así, que es aquel que se usa como casi sinónimo de aplicaciones de la teoría.

Conclusión

En primer lugar, hemos señalado, numerosos usos del término *modelo*. Además, los diferentes usos se dan no sólo dentro de un determinado contexto, sino dentro de ámbitos de reflexión diferente. En este sentido, consideramos, que distinguir entre *contexto de lenguaje ordinario*, *contexto científico* y *contexto metacientífico* resulta convenientemente útil a efectos explicativos, por cuanto abarca y distingue claramente a todos los usuarios.

En segundo lugar, hemos visto, que lo que en el contexto científico se denomina ‘modelo’ es a menudo un sistema simple (físico o no) diseñado por el científico con el propósito de que sirva de modelo de un sistema mucho más complejo que desea teorizar. En este sentido la distinción *servir de modelo* y *ser modelo* resulta extremadamente útil para distinguir entre ambos usos -eliminando la ambigüedad- y además, lo que es más interesante, el último es reducible al primero. Pero,

⁷ Moulines, U. (1982), pág. 80

además, se afirmará que encontró un modelo de la teoría, si al construir una teoría el sistema funciona tal y como ella indica, es decir, si el modelo cumple lo que dice la teoría. En consecuencia, este sentido de *modelo* coincide con el sentido expuesto en contexto metacientífico. En éste indicamos que la noción de modelo de la Teoría de Modelos inspiró a los filósofos de la ciencia, desde Patrick Suppes en adelante.

Para terminar, nos queda por responder si la polisemia de *modelo* es real o aparente. Depende de que entendamos por *polisemia*, es decir, si atendemos a la *pluralidad de usos*: entonces sí. El uso de la noción de *modelo* dependerá de los propósitos de sus usuarios. En primer lugar, porque a menudo, tanto en el contexto del lenguaje ordinario como en contexto científico, el término *modelo* se usa ambigüamente con el sentido de *modelo* y de *servir de modelo*. Y en segundo lugar, porque depende de la naturaleza de cada disciplina particular, es decir, las cuestiones propias de los matemáticos y las de los científicos empíricos por ejemplo, dará lugar indudablemente a diferentes usos del término. Sin embargo, si por *polisemia* entendemos *pluralidad de sentidos*, entonces ya no es tan claro que ésta exista, pues un matemático, un físico, un metamatemático y un filósofo estructuralista acordarán en la afirmación que “una realización de en la que todos los enunciados de una teoría T son satisfechos es un modelo de T”.

BIBLIOGRAFÍA

- BALZER, W., MOULINES, U. y SNEED, J (1987). *An Architectonic for Science, The Structuralist Program*, D. Reidel Publishing Company. Dordrecht
- GARRIDO, M. (1995) *Lógica Simbólica*, Madrid, Editorial Tecnos S.A. (3ra edición)

- GIERE, R. (1997) *Understanding Scientific Reasoning*, Orlando, FL: Harcourt brace College Publishers.
- MOSTERÍN, J. (1984) *Conceptos y teoría en la ciencia*. Madrid, Alianza Editorial
- MOULINES, U. (1982). *Exploraciones Metacientíficas*, Madrid, Alianza Editorial.
- MOULINES, U. (1992) “La concepción estructuralista de la ciencia” *Actas del VII Congreso de Lenguajes Naturales y Lenguajes Formales*, ISBN 84-7665-988-1 págs. 75-82
- SUPPES, P. (1988) *Estudios de filosofía y metodología de la ciencia*, Madrid, Alianza Editorial.
- TARSKY A. (1953) “A General Method in Proofs of Undecidability” en Tarsky et al. (eds.) *Undecidable Theories*, North-Holland, Amsterdam.