

5 Modelos: entre la realidad y la ficción

Guillermo Cuadrado; Carlos Bello; Juan Redmond

Resumen: En este trabajo se indagó qué tipo de entidad es un modelo, cómo se corresponde con la teoría, con la realidad y qué semejanza tiene con las ficciones. La metodología usada consistió en el análisis lógico y epistemológico de la bibliografía. Se encontró que los modelos cumplen varias funciones: (i) determinar las restricciones que hay en la realidad; (ii) desempeñar el rol de un universal del lenguaje científico-técnico y (iii) facilitar el acceso a la comunidad científico-técnica. Además se halló que las afirmaciones sobre ellos están reguladas por tres criterios de verdad que operan simultáneamente. La investigación realizada permitió concluir que la modelización comparte con la ficción el recurso de la imaginación, aspecto que facilita la construcción de recursos didácticos. Finalmente, las afirmaciones sobre ellos implican tres niveles de verdad, uno matemático, otro semántico y un tercero pragmático.

Palabras claves: modelo, teoría, ficción, imaginación, soporte

Las discusiones sobre modelos en el ámbito de la ingeniería han adquirido mucha relevancia, dado que la *simulación* por computadoras, cada vez más utilizada se basa en ellos. Una de ellas gira en torno al tipo de entidades que son los modelos científicos. En esa discusión existen autores que sostienen que los modelos tienen un asombroso parecido con los relatos de ficción.

Los modelos pasaron a desempeñar un rol preponderante, en la epistemología contemporánea, cuando la *visión semántica* de las teorías se convirtió en la visión dominante. Hasta hace poco tiempo pocos se habían ocupado de determinar qué tipo de entidades son los modelos. Sin embargo, autores como G. Contessa, R. Frigg, P. Godfrey-Smith se han propuesto esa tarea. Ellos comparan los modelos de las teorías científicas con las ficciones literarias, según el enfoque del *make-believe* de Kendall Walton, con el propósito de comprender mejor las relaciones de semejanzas entre los modelos y los sistemas reales.

Contessa (2010) sostiene que los modelos tienen un parecido asombroso con los relatos de ficción, como es el caso de las

novelas de Sherlock Holmes. Este autor sostiene que en los textos de física, hay expresiones como: 'el péndulo ideal sin fricción' o 'En el modelo de átomo de Rutherford, los electrones están en movimiento en órbitas bien definidas'.

También Frigg (2010) sostiene que el modelado tiene aspectos comunes con la ficción literaria. Él afirma que cuando se exhibe un modelo se realizan dos actos comunicativos científico-técnicos. Uno presenta como objeto de estudio un sistema hipotético llamado 'sistema modelo', mientras que el otro afirma que se trata de la representación de un escorzo de realidad llamado 'sistema objetivo'. Este desdoblamiento en los actos comunicativos señalados conduce a la distinción de dos tipos de características. Unas orientadas a identificar la naturaleza del modelo científico: qué entidad es, qué afirmaciones lo hacen verdadero o falso y cómo se puede aprender de ellos. Las otras buscan determinar los objetivos de los sistemas modelos, como la relación que existe entre el modelo y el objetivo y el rol que desempeñan los usuarios, cuando representan algo con un sistema modelo.

Godfrey-Smith (2010), por su parte, sostiene que los científicos orientados a entender el mundo empírico, a menudo gastan un tiempo considerable en cosas que no forman parte de ese mundo. Como ejemplos de esas cosas se pueden citar gases ideales, aviones sin fricción, poblaciones infinitamente grandes en biología, redes neuronales que aprenden usando de reglas biológicas poco realistas o agentes totalmente racionales y egoístas en modelos sociales. Para este autor, una primera descripción de los modelos es que son objetos de la imaginación, análogos a las ficciones de literatura.

En una primera aproximación, pareciera una contradicción en sus términos hablar de ficciones y de actividad científica, cuya pretensión es conocer la realidad. Pero, para los autores de este trabajo, no existe tal contradicción, dado que los modelos tienen una dualidad matemático-empírica, que proviene de la tradición galileana de la ciencia.

En coincidencia con la visión estándar, en este trabajo se afirma que los modelos representan situaciones conjeturales, como es el caso, por ejemplo, de la evolución de una población en condiciones de aislamiento; o el péndulo ideal sin fricción o la

flexión pura, en resistencia de materiales. Pero además, se sostiene que los modelos establecen restricciones a la realidad; realizan la tarea de reducir a la unidad una variedad de situaciones similares, desempeñando el rol de un universal del lenguaje científico-técnico. Por último se sostiene que las afirmaciones que se hacen sobre los modelos, antes que verdaderas o falsas, hay que considerarlas aproximaciones que deben evaluarse por su grado de verosimilitud.

Por cierto, este trabajo se ubica en la línea de investigación dentro de la *concepción representacional* de la *visión semántica*, que considera que los modelos científicos son representaciones u objetos semióticos. Se sostiene que si bien los modelos comparten ciertas características con las ficciones, su rol está siempre asociado al conocimiento de referentes reales y al estudio de ámbitos de la realidad.

Los modelos cumplen funciones polivalentes en la actividad científica y en el ingreso a la misma. En este trabajo se presenta como novedad la función de determinación de restricciones en la realidad, el desempeño del rol de un universal del lenguaje científico-técnico y, que en las afirmaciones sobre los modelos, operan simultáneamente tres criterios de verdad.

Además, en este trabajo se propone indagar: el tipo de entidades que son los modelos; el vínculo que tienen con la teoría y con la realidad; su semejanza con otras ficciones, como las literarias por ejemplo; las posibilidades de aprendizaje ofrecen; y las relaciones que se establecen entre los modelos y sus usuarios. También se reseñan las teorías de la verdad del siglo XX para indicar cómo éstas operan cuando se utiliza un modelo. Finalmente se indica la posición que los autores de este trabajo adoptan frente a los modelos.

Teorías y modelos

Una *teoría* es un lenguaje donde aparecen objetos, sus propiedades y un conjunto de relaciones entre ellos (Agazzi: 1978). Para la *visión semántica*, las teorías científicas son *funciones*, objetos incompletos en el sentido de Frege y, por ello, no son ni verdaderas ni falsas. Precisamente las entidades que saturan esas funciones son los *modelos*. Estos últimos son

interpretaciones que hacen verdadero el sistema de axiomas, que constituyen la teoría y además, tienen cierta correspondencia con la porción de realidad que representan (Echeverría: 1999)

Existe un modo de hacer ciencia que Godfrey-Smith (2010) denomina 'ciencia basada en el modelo'. Se trata de un estilo de trabajo teórico que introduce un sistema imaginario y lo investiga, tomándolo como base para la comprensión de un sistema real más complejo. Por ejemplo, cuando se propone "una población de moléculas autorreplicantes..." o se supone "una red neuronal de tres capas que aprende...", significa que se introducen hipótesis simplificadoras. Luego, si fuera necesario, éstas se modifican para aumentar la complejidad. Se trata de un método que introdujo Galileo cuando estudiaba la caída libre de los cuerpos. Él se encontró con la siguiente dificultad: si tiraba dos piedras de distinto tamaño, estas caían prácticamente a mismo tiempo; en cambio si tiraba una piedra y otro objeto, con una mayor resistencia al aire, el tiempo de caída difería. Galileo salvó el obstáculo introduciendo una hipótesis simplificadora, formuló la *ley de caída libre de los cuerpos en el vacío*, que en su época era posible sólo como un experimento mental. De este modo eludió el problema de la caída en medios viscosos, que en ese momento no se conocía.

La idea se resume en la Figura 1, donde con palabras, fórmulas matemáticas u otro medio de representación se especifica un *sistema modelo* y éste puede ser descrito y analizado. Una vez que el sistema modelo ha sido entendido, puede compararse con varios *sistemas objetivo* del mundo real, usando relaciones de semejanzas entre ambos.

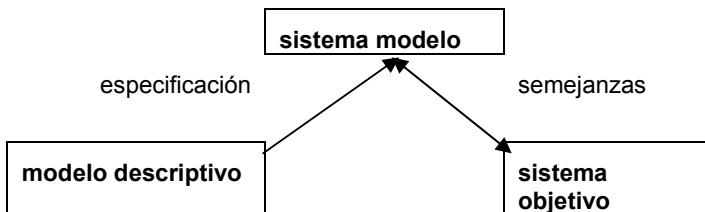


Fig. 1: especificación de un sistema modelo

Fuente: Godfrey-Smith, Peter (2010) "Models and fictions in science" en *Synthese*. Vol. 172.

Por cierto, el modelo representa cierta porción de realidad, estableciendo relaciones de semejanza con ella y utilizando algunas de sus propiedades. Las otras propiedades se desestiman y éstas pueden incluso llegar a producir desviaciones, como le ocurrió a Galileo con la caída de los cuerpos (Agazzi: 1978).

Modelos y ficciones

Godfrey-Smith (2010, 101-116) sostiene que los modelos son sistemas ficticios que carecen de existencia actual. Sin embargo, en cierto modo, son de la misma clase que los sistemas objetivos y se utilizan para ayudar a comprender un conjunto de casos similares de la realidad estudiada. Esto es, se estudian objetos imaginarios similares a los objetivos reales, pero más simples. Por cierto, esto sugiere que existe una analogía con los sistemas modelos y los objetos ficticios que se introducen en novelas y cuentos. El mundo de una novela es algo que no existe en la realidad, pero su existencia física es posible. De ser verdadero, sería un sistema organizado caracterizado por relaciones causales entre sus componentes. Luego, estos objetos ficticios, tanto en literatura como en ciencia, pueden ser descritos matemáticamente, lo que no implica que la ficción sea un objeto matemático.

Los modelos y los sistemas objetivos tienen semejanzas que son comparables en forma aproximada:

(i) *Comparación de dos sistemas físicos.* La proporción de pobreza es similar en esta sociedad a otra. La genética bacteriana se parece a la genética humana, con relación al código básico y los componentes básicos, pero no con respecto a la organización de material genético. El modelo de inundación de un sistema de almacenamiento a escala 1/50 es similar a la inundación ocurrida en Nueva Orleans, después del Huracán Katrina.

(ii) *Comparación de dos sistemas ficticios.* La Tierra Media de Tolkein es bastante similar al mundo de los cuentos de Rey Arthur de Malory (*Morte D'Arthur*), hay muchos vagabundos y las tecnologías puestas en juego son similares.

(iii) *Comparación de una ficción con un sistema físico.* Los acontecimientos que ocurren en *Rebelión en la Granja* de G. Orwell

son similares a los que ocurrieron en la Rusia de Stalin. La evolución en un modelo evolutivo determinista, con ventaja heterocigota, se parece mucho al rasgo de anemia de células falciformes, que existe en ciertas poblaciones humanas de África.

En la comparación de dos sistemas físicos, se busca el compartimiento de las propiedades físicas de los mismos. Mientras que en las ficciones, la situación se describe sobre la base de una teoría subyacente de ficciones. Además las propiedades que tendrían los dos sistemas ficticios se comparan como si ellos fueran actuales.

Analogía entre modelos y ficciones: condiciones

El punto de partida es la capacidad de la gente para imaginar cosas. Las personas imaginan cosas sin que exista una razón para ello. Sin embargo, a veces, la presencia de un objeto, denominado '*soporte*', guía la imaginación de algo. Esto significa que un objeto se vuelve *soporte* cuando su presencia activa una regla que prescribe lo que hay que imaginar. En consecuencia, cuando alguien imagina algo es porque se involucra en el juego de fingir, animado por la presencia del soporte. De este modo, alguien implicado en el juego de "hacer de cuenta que..." simula y, en ese contexto, no constituye un engaño. Sólo se trata de una taquigrafía para describir la participación en el juego. Los juegos de niños son ejemplos de esa simulación, así, cuando señalan a alguien con el dedo índice, diciendo 'bang', puede significar que le han disparado un tiro a una persona. El teatro, el cine y la literatura son otros ejemplos.

A propósito, un modelo como el péndulo ideal no existe, pero tiene características que normalmente se le asignan a los objetos concretos. Estos rasgos, típicos del modelo, se asemejan a los de otras entidades. Así, un ente ficticio como Sherlock Holmes no existe, pero se dice que fuma en pipa y vive en Londres, en Baker Street 221 B. También, existen dibujos de Sherlock Holmes impresos en la tapa de libros y revistas. En suma, los entes ficticios tienen un autor, al igual que los modelos, aunque en estos no siempre es posible identificar su autor. Así por ejemplo, S. Holmes fue creado por Arthur Conan Doyle y el modelo de Bohr del átomo fue creado por Niels Bohr. Cabe añadir que los modelos se conocen por sus descripciones y éstas son el *soporte* de un juego

de simulación. A propósito, las descripciones de modelos se caracterizan por asumir que son una invitación a reflexionar, dejando en claro que no son descripciones de hechos.

Hay que hacer notar, que los lectores competentes, cuando leen una novela, son conscientes de que los hechos descritos no son reales. Algo similar ocurre con los textos científicos y los artículos de revistas, donde abundan las descripciones significativas de sistemas físicos, que no describen sistemas *actuales*. Es el caso de sistemas modelos que no tienen referentes en el mundo real. Los ejemplos del caso son abundantes: aviones sin fricción, planetas esféricos, condensadores de placas infinitas, cuerdas sin masa, poblaciones que viven aisladas de su ambiente, animales que se reproducen a tasa constante, agentes absolutamente racionales, mercados sin gastos de transacción (Frigg: 2010; Contesta: 2010).

Otra perspectiva entiende que las ficciones son artefactos. En efecto, la teoría de los artefactos (Thomasson, 1999) se desarrolló buscando soluciones para dos de los mayores inconvenientes que debe enfrentar toda teoría que se ocupe de las ficciones. Uno es el problema de la identidad de las ficciones, en la misma obra y a través de una serie de volúmenes. El otro inconveniente es el obstáculo difícil de la referencia de los nombres mediante los cuales se mencionan las ficciones.

Thomasson ubica en el centro de su perspectiva la noción de *dependencia ontológica*. Esto permite establecer una nueva noción de ficciones asimilándolas a entidades abstractas, creadas y dependientes. Una ficción tiene doble dependencia, una histórica y otra constante.

La dependencia histórica la mantienen con el autor, es rígida y permite concebir las ficciones como creaciones. Es decir, una ficción se crea por un acto de la imaginación de un individuo y deja establecida una relación de dependencia definitiva. Esto queda registrado en las siguientes definiciones que presuponen una semántica bidimensional para una lógica de la ficción (Redmond, 2010):

[Definición 1]. (*Exige históricamente* [E]) El objeto X **exige históricamente** al objeto Y en el instante t si para todos los mundos w y para todos los mundos $t' \geq t$ tales que $X \in D^t w$, hay al menos un instante $t'' \leq t'$ tal que $Y \in D^{t''} w$. Se expresa como: $E_{(w,t)}(X,Y)$

[Definición 2]. (*Depende históricamente* [H]) El objeto X **depende históricamente** del objeto Y en el instante t si X exige históricamente Y en t, pero Y no exige históricamente a X en t; y para todo Z, si X depende históricamente de Z, entonces tenemos Z=Y. Si este es el caso y la interpretación de ki, kj en (w,t) es respectivamente X, Y, decimos que $H(ki,kj)$ en (w,t) : $w,t \vdash H(ki,kj)$. Entonces: $H_{(w,t)}(ki,kj) =_{\text{def}} [E_{(w,t)}(ki,kj) \wedge \neg E_{(w,t)}(kj,ki)]$

La dependencia constante queda establecida con las copias de la obra literaria. Se trata de una dependencia genérica y es lo que le permite seguir existiendo.

[Definición 3]. (*Exige constantemente*) El objeto X **exige constantemente** (C) al objeto Y en el instante t, si para todos los mundos w tales que $X \in D^t w$, entonces tenemos que $Y \in D^t w$. Será expresado como: $C_{(w,t)}(X,Y)$

[Definición 4]. (*Depende constantemente*) X **depende constantemente** (K) de un objeto Y en el instante t si X exige constantemente a Y en t, pero Y no exige constantemente a X en t. Entonces: $K_{(w,t)}(X,Y) = [C_{(w,t)}(X,Y) \wedge \neg C_{(w,t)}(Y,X)]$

Condiciones analógicas afortunadas

Frigg sostiene que para que la analogía entre sistemas modelos y ficciones sea afortunada, son necesarias ciertas condiciones:

1) *Condiciones de identidad*. Autores diferentes narran los sistemas modelos de distinto modo, sin embargo, esas descripciones suponen estar referidas al mismo modelo.

2) *Atribución de propiedades*. Los sistemas modelos tienen propiedades físicas, pero no existen en el espacio y el tiempo. ¿Cuál es el sentido de ‘una población es aislada de su ambiente’? Pareciera haber contradicciones dado que los objetos abstractos como el péndulo ideal no pueden tener las mismas propiedades que sistemas reales.

3) *Declaraciones relativas*. La comparación entre el sistema modelo y su sistema objetivo es esencial para un buen modelado. Por lo general se dice que los ‘verdaderos agentes’ no se comportan como los ‘agentes del modelo’ o que ‘la superficie del sol verdadero’ difiere de la superficie del sol modelo’. La complicación estriba en determinar si es posible comparar cosas que existen con otras que no.

4) *Verdad en los sistemas modelos*. Es necesario explicar qué significa afirmar que un sistema modelo es verdadero o falso y

además, separar las afirmaciones verdaderas de las falsas, en el lugar correcto.

5) *Epistemología*. Las investigaciones sobre los sistemas modelos permiten averiguar verdades sobre él. El problema consiste en determinar cómo se conocen y justifican esas verdades.

6) *Compromisos metafísicos*. El punto es determinar y justificar el tipo de compromiso asumido cuando se admite que los sistemas modelos son ficciones.

Teorías de la verdad

En el siglo XX, las tres teorías más destacadas que se ocuparon del concepto de verdad fueron: correspondencia, coherencia y pragmática. La primera, la teoría de la correspondencia se remonta a Aristóteles y Tarski la actualizó, para evitar los problemas de las paradojas. En esta teoría la verdad es una cualidad de las proposiciones que concuerdan con la realidad. La segunda, la verdad como coherencia, sostiene que hay conjuntos de axiomas o enunciados que son verdaderos simultáneamente. Es muy utilizada en ciencias formales. En ella un enunciado es verdadero cuando se deduce del conjunto de axiomas o es compatible con un conjunto coherente de enunciados. Así, por ejemplo, el teorema de Pitágoras es verdadero porque es una deducción de los axiomas de la geometría euclidiana (completitud) y además, no está en contradicción con esos axiomas (consistencia). En cambio, si el teorema de Pitágoras estuviese referido a otro conjunto de axiomas podría ser falso o carecer de significado. Cuando este criterio de verdad se aplica en ámbitos no formales, se considera que el conjunto de enunciados son todos verdaderos. Por último, en la teoría pragmática, la verdad de un enunciado se ve en la práctica, porque funciona o tiene consecuencias útiles (Cortés Morató *et al.*: 1996).

Discusión

El equipo de trabajo ha elaborado su propio punto de vista, tomando en consideración algunas de las condiciones analógicas afortunadas que presenta Frigg.

Atribución de propiedades

Con relación a la *atribución de propiedades*, los sistemas modelos como el péndulo ideal, los gases ideales o el ciclo de Carnot, pueden ser considerados una situación límite de un conjunto de entidades físicas. Así por ejemplo, los péndulos reales (P_{real}) tienen fricción (fr) en el eje de giro, la distancia del eje a la masa puede alargarse por estiramiento (Δl), la masa (m) se encuentra distribuida en un cierto volumen (V). Si las propiedades físicas de fricción, alargamiento y volumen de un péndulo real tienden a cero surge el péndulo ideal.

$$\text{Límite } P_{real} = P_{ideal} \quad (1)$$

$fr, \Delta l, V \rightarrow 0$

Esta operación requiere ser interpretada. En el primer miembro hay objetos reales con propiedades físicas, algunas de ellas tienden a desvanecerse, por efecto de la aplicación de la operación de tender al límite. En el segundo miembro se encuentra el resultado de esa tendencia. Pero, si se tiene en cuenta que en una expresión como ' $V \rightarrow 0$ ', está excluida la posibilidad de que el volumen sea cero ($V \neq 0$), entonces el significado de 'péndulo ideal' (P_{ideal}) es que se trata del nombre de un conjunto de objetos semejantes entre sí, cuyas propiedades de fricción, alargamiento y volumen no son empíricamente significativas.

Cabe agregar que esta circunstancia hace del péndulo ideal un objeto dual o frontera que delimita el ámbito empírico del matemático. El primer término de la expresión (1) está formado por todos los péndulos cuya fricción, alargamiento y volumen son empíricamente despreciables. En cambio, el segundo término es único, los representa a todos y le confiere ciertas propiedades iniciales de su condición empírica. Éstas no son significativas mientras permanecen atenuadas, pero cuando crecen aumentan la complejidad del sistema, haciendo que la unidad obtenida se disperse.

Por las razones expuestas, modelos como el péndulo ideal, pueden concebirse como objetos mixtos con dos componentes, una empírica y otra matemática. La primera lo vincula con la realidad y por ello posee las mismas propiedades que los

sistemas reales. El segundo componente lo supedita a la estructura matemática de la teoría a la que pertenece el modelo. Esa dualidad hace que la diversidad de casos reales se reduzca a la unidad en el modelo, desempeñando éste último el rol de un universal del lenguaje en el discurso científico-técnico. Esta doble condición hace que los modelos desempeñen una función óptima para establecer cómo se puede aprender de ellos cuando se usan para representar la realidad.

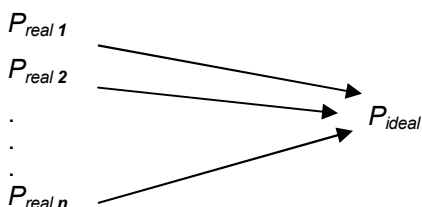


Fig. 1: Los péndulos reales convergen hacia el péndulo ideal cuando $fr, \Delta l, V \rightarrow 0$

Declaraciones relativas

En cuanto a las *declaraciones relativas* que vinculan el sistema modelo con su sistema objetivo, son muy significativas las *hipótesis simplificadoras*. Estas remiten a Galileo cuando formuló la “ley de caída libre de los cuerpos en el vacío”, la que, en esa época, sólo era posible por aproximación mental. Mucho después, en 1971, cuando la misión Apolo XV llegó a la Luna, el comandante David Scott, antes de descender al suelo lunar tiró una pluma de halcón y un martillo, las que llegaron al piso simultáneamente por la ausencia de atmósfera. De ese modo quedó demostrada la conjetura de Galileo (Sánchez, 2008). Las hipótesis simplificadoras permiten establecer los límites de existencia de los fenómenos. Lo hacen indicando los intervalos que ocupan las variables que representan sus propiedades. Así, por ejemplo, es posible saber que una máquina térmica, que opera en condiciones similares al ciclo de Carnot, nunca podrá superar el rendimiento de este último.

Por otra parte, cuando el sistema objetivo es complejo, generalmente se lo descompone en fenómenos más simples, usando el *principio de superposición de los efectos*. Éste sostiene

que cada uno de los componentes de un sistema físico puede estudiarse por separado y luego superponer causas y efectos. Luego, el constructor del modelo los jerarquiza y selecciona en función del propósito buscado.

Verdad en los sistemas modelos

Los autores de este trabajo sostienen las tres concepciones de verdad, referidas anteriormente, operan en forma simultánea en los *sistemas modelos*.

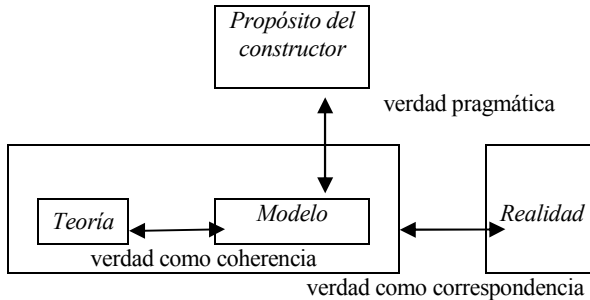


Fig. 2: Verdad de un modelo

Las mismas actúan por niveles como si fueran las piezas de una “mamuska”. En el nivel más interno opera la verdad como coherencia, asegurando que el modelo no está en contradicción con la teoría que lo contiene. Luego, la verdad como correspondencia asegura que el modelo es una representación adecuada de la realidad para las condiciones que le son impuestas. En la medida que el modelo es una aproximación se lo puede evaluar también por su grado de verosimilitud. Finalmente la verdad pragmática impone las condiciones que debe cumplir el modelo en función del propósito buscado.

Epistemología

Las investigaciones sobre los sistemas modelos dependen, en primer lugar, de la teoría a la que se remiten y además, de supuestos epistemológicos. Por lo general, las posiciones que se asumen frente a la modelización son: la *idealista*, la *pragmática* y la *realista*. La primera considera que la modelización es un proceso mental de índole inductiva, que conduce a una estructura

matemática que representa un aspecto de la realidad. Para los *pragmáticos* la teoría no explica la realidad, en consecuencia la modelización debe empeñarse en el ajuste de curvas a los datos obtenidos de la realidad. Finalmente la postura realista es intermedia entre ambas, en el sentido de utilizar los ajustes a los datos como metodología inicial, pero tratando de llegar a un modelo explicativo de realidad. Este último es considerado provisional, dado que nuevos datos podrían inducir a modificar el modelo si fuera necesario (Ríos: 1995). Los autores de este trabajo coinciden con esta última posición.

Compromisos metafísicos

El hecho de sostener que hay tres concepciones de verdad operando en forma simultánea en un *modelo*, es posible si se admite cierta estratificación de la realidad. De esta manera el propósito regulado por la verdad pragmática indica hasta que estrato de realidad debe penetrar el modelo. Luego, la verdad por correspondencia regula la nitidez de esa representación para satisfacer el propósito.

Conclusiones

La modelización comparte con la ficción el recurso de la imaginación.

Los modelos científicos y las ficciones literarias tienen una base común que facilita la construcción de recursos didácticos.

Los modelos son objetos mixtos, con una componente empírica y otra matemática. La primera establece el vínculo con la realidad y la segunda lo supedita a la estructura matemática de la teoría.

La dualidad del modelo permite que una pluralidad de casos reales se reduzca a la unidad en el modelo, asignándole el rol de un universal del lenguaje en el discurso científico-técnico.

La doble condición empírico-matemática del modelo lo habilita para establecer cómo se puede aprender de ellos cuando se usan para representar la realidad.

Las afirmaciones sobre modelos implican tres niveles de verdad: sintáctico el matemático estructural, semántico y pragmático.

Referencias:

- Agazzi, E. (1978). *Temas y problemas de filosofía de la Física*. Barcelona: Herder.
- Contessa Gabriele (2010). "Modelos científicos y objetos ficticios" en *Synthese*. Vol. 172, pp.193-195. Springer Science+Business Media B.V.
- Cortés Morató, J. y Martínez Riu, A. (1996). *Diccionario de filosofía en CD-ROM*. Barcelona: Herder.
- Echeverría, J. (1999). *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo xx*. Madrid: Cátedra.
- Frigg, Roman (2010). "Models and fiction" en *Synthese*. Vol. 172, pp. 251-268. Springer Science+Business Media B.V.
- Godfrey-Smith Peter (2010). "Models and fictions in science" en *Synthese*. Vol. 172, pp. 101-116. Springer Science+Business Media B.V.
- Redmond, Juan. (2010) *Logique dynamique de la fiction: pour une approche dialogique*. London, *College Publications* (Col. Cahiers de logique et Epistémologie).
- Ríos, Sixto (1995). *Modelización*. Madrid: Alianza.
- Sánchez C. (2008). *En la Luna con Galileo*.
- Disponible en: [<http://enroquedeciencia.blogspot.com/2008/04/en-la-luna-con-galileo.html>] (pág. consultada el 29/08/08)
- Thomasson, Amie L., (1999). *Fiction and Metaphysics*. Cambridge: Cambridge University Press
