

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XIX JORNADAS

VOLUMEN 15 (2009)

Diego Letzen
Penélope Lodeyro

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



Una apertura hacia la noción de “modelo” siguiendo a Bachelard

*Javier E. Viau y Lucrecia E. Moro**

Introducción

Las ciencias naturales se constituyen en sistemas formales interpretados. Esto significa que dentro de un cuerpo de enunciados, que conforman los denominados términos teóricos, éstos adquieren un contenido al ser asociados indirectamente a observables de la realidad externa, o en otras palabras son interpretados mediante operadores en un modelo que pretende ser la representación mental (teórica) de esa misma realidad (De la Torre, 1992; Adúriz Bravo y Galagosky, 1997). Se puede decir, entonces, que cada teoría posee modelos conexos (modelos teóricos según Bunge, 1972), que articulan las representaciones que están asociadas con ella.

La conquista conceptual de la realidad comienza paradójicamente por idealizaciones. Es el nacimiento de un modelo, de una cosa o un hecho. Sin embargo si se quiere insertar ese modelo en una Teoría es necesario atribuirle propiedades susceptibles de ser tratadas por Teorías. La formación de cada modelo comienza por simplificaciones a pesar de que la sucesión histórica de los modelos es un progreso en complejidad (Bunge, 1972).

Se ha escrito mucho desde la historia y la filosofía sobre el rol que juegan los modelos y el modelado en el proceso científico, así como en sus producciones (Black, 1962; Hesse, 1966; Bunge, 1978; Giere, 1990), y se ha sugerido que representa el mejor retrato de la actividad científica (Gilbert, 1991). Se asume también que el razonamiento basado en modelos es generador del cambio representacional en la ciencia. Los modelos van primero, y luego se produce la abstracción para crear las expresiones formales que conforman las leyes y axiomas de las teorías (Nersessian, 2007). Así desde Galileo, la ciencia ha imaginado modelos de las cosas, planteando cuestiones claras e intentado siempre justificar lo que se piensa ya sea por la lógica, ya sea por otras teorías, o por experiencias iluminadas en teorías (Bunge, 1972).

Respecto de la educación científica, hay un deslizamiento referido a la importancia atribuida al modelado en clase (Lawson, 1993; Thiele y Treagust, 1995; Galagosky y Adúriz Bravo, 2001; Fernández, González y Moreno Jiménez, 2005). Este corrimiento en lo pedagógico implica un cambio en la actividad docente ya que se necesita la elaboración, evaluación y aplicación de los modelos. También se requieren conocimientos acerca del desarrollo de los estudiantes y de la práctica diaria de los profesores (Lehrer y Schauble, 2000). El concepto de “modelo didáctico”, conlleva este marco de entendimiento acerca del concepto de modelo en ciencias naturales. Un marco que no puede ser asociado a una simple definición ya que no se trata de un concepto que se derive de sí mismo. Es por ello que en este trabajo abordamos su comprensión utilizando representaciones que permitan acceder a su estructura constitutiva (estructura interna), de forma tal de obtener elementos que puedan ser utilizados para la elaboración de una estrategia de diseño.

* Universidad Nacional de Mar del Plata. Tel. 54-0223-475-6951. e-mail. grupocienciasbasicas@gmail.com

Marco teórico

Bunge (1972) señala que para captar la realidad se comienza por apartar información, agregando elementos imaginarios (o más bien hipotéticos) pero con una intención realista. Se construye así un objeto modelo esquemático que, para dar frutos, deberá injertarse en una teoría susceptible de ser contrastada con los hechos. Así surge la noción de modelo teórico: "un sistema hipotético-deductivo concerniente a un objeto modelo que es una representación conceptual esquemática de una cosa o de una situación real o supuesta real". Todo modelo teórico es parcial y aproximativo: capta solamente una parte de las particularidades del objeto representado.

Pero para insertar este modelo en una teoría, es necesario atribuirle propiedades susceptibles a ser tratadas por la teoría a la cual representa. Así, la formación de cada modelo comienza por simplificaciones, pero la evolución histórica que brinda la perspectiva filosófica del mismo, es un proceso claro que demuestra un progreso en complejidad.

Con las primeras formas de competencia representacional de la naturaleza se establecen los cimientos para el desarrollo de razonamientos basados en modelos. Un modelo, además de operar con representaciones, debe llevar a un entendimiento de fenómenos naturales controlando su ejecución e infiriendo relaciones entre elementos de información. Dentro de las representaciones que operan en un modelo se encuentran las analogías, que son herramientas poderosas que se utilizan en el proceso de enseñanza-aprendizaje para hacer familiar aquello que no es muy asequible. Permiten relacionar una situación cotidiana con otra desconocida o nueva, facilitando la relación de la información y la elaboración de estructuras de conocimiento más comprensibles. Su objetivo es facilitar la comprensión de los conceptos científicos teóricos, conceptos para los que no existen ejemplos perceptibles en el entorno (Duit, 1991; Glynn, 1991).

Al término "modelo" se lo utiliza para designar a varios conceptos, y en particular cuando es aplicado en ciencias de la naturaleza se lo puede encontrar con dos sentidos principales: el modelo, como una representación esquemática de un objeto concreto (una representación literal o simbólica, figurativa o enteramente convencional), y el modelo como una teoría relativa a esta idealización (un sistema hipotético-deductivo particular), (Bunge, 1972).

Modelo y sus estructuras

Bachelard (2003) en su libro "La filosofía del no", muestra cómo un concepto dado ("masa"), que bajo una perspectiva filosófica pudo ser considerado como un "átomo nocional", en el contexto del progreso de la ciencia, y ante otra perspectiva filosófica, este átomo nocional posee una estructura funcional interna, es decir puede descomponerse. Llegando así a una aparente paradoja metafísica a la cual él mismo define diciendo "el elemento es complejo". Así, un concepto es más simple o más complejo de acuerdo con la perspectiva filosófica con que se lo mire, y esa complejidad estaría asociada al progreso científico. A cada nivel filosófico corresponde una estructura interna de la noción, una estructura que es tanto más compleja de acuerdo al nivel que se tome de la perspectiva del mismo.

Siguiendo esta línea de razonamiento, y extrapolándola al concepto de modelo, vemos que el mismo no puede ser considerado como un "átomo nocional", con una única estructura interna, sino que encierra varias estructuras, que dan lugar a las distintas variantes del concepto: modelo científico, modelo didáctico, modelo didáctico analógico, etc. Para indagar en las distintas estructuras, utilizaremos a modo de representación la idea que encierra un prisma para

observarlas y descomponerlas. Así, analizaremos las diferentes estructuras internas (conceptual, didáctica, epistemológica y lógica) que conforman el concepto de modelo, en todas sus variantes, mediante la utilización de una representación analógica que nos permita describir a cada una de ellas, según la mirada que se haga a través de diferentes prismas, para así poder comprenderlas y profundizar su estudio.

A los efectos de estudiar sus estructuras, hemos utilizado una representación, que consiste en analizarlas bajo diferentes prismas que permitan descomponerlas (Viau et al., 2007). Es así como podemos apreciar la constitución de las estructuras que reconocemos en el concepto de modelo: conceptual, didáctica y epistemológica, analizándolas por diferentes prismas que nos permitirán comprenderlas y profundizar su estudio (Viau, et al., 2008).

La dispersión filosófica que muestra Bachelard para un concepto en su libro “La filosofía del no”, lleva a pensar en forma analógica en cuanto a lo que ocurre con la dispersión de la luz (Viau, et al., 2007). Es por ello que introducimos el concepto de Prisma Estructural (PE) para describir una analogía que permita una mejor interpretación de las estructuras que encierra la noción de modelo. En la Figura 1 hemos representado una imagen de esta analogía, en donde el concepto “modelo” a través del PE se descompone dando lugar a su estructura interna, al igual que la luz cuando es descompuesta por un prisma.

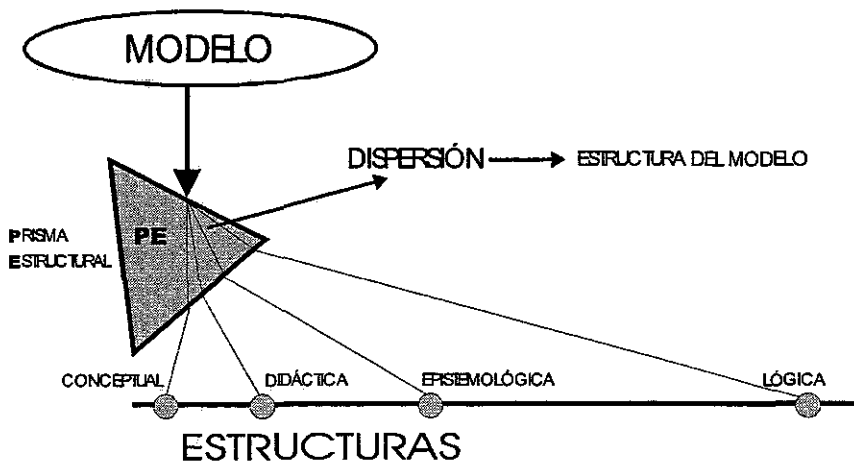


Figura 1. Prisma estructural, dispersión de la estructura del concepto de “modelo”

El reconocimiento de las estructuras que caracteriza a la estructura interna del concepto de modelo, en todas sus variantes, permite encontrar un punto de partida y un marco para ser utilizado en el diseño de modelos didácticos.

Estructura conceptual de un modelo

Un modelo encierra una estructura conceptual, la cual da marco a su contenido. Es decir, todo modelo estructuralmente sustenta varios conceptos que corresponden al sistema formal que interpreta. La Figura 2 muestra cómo un prisma que denominamos Prisma Conceptual (PC),

permite a través de una representación analógica, poner en evidencia la estructura conceptual que tiene asociada todo modelo.

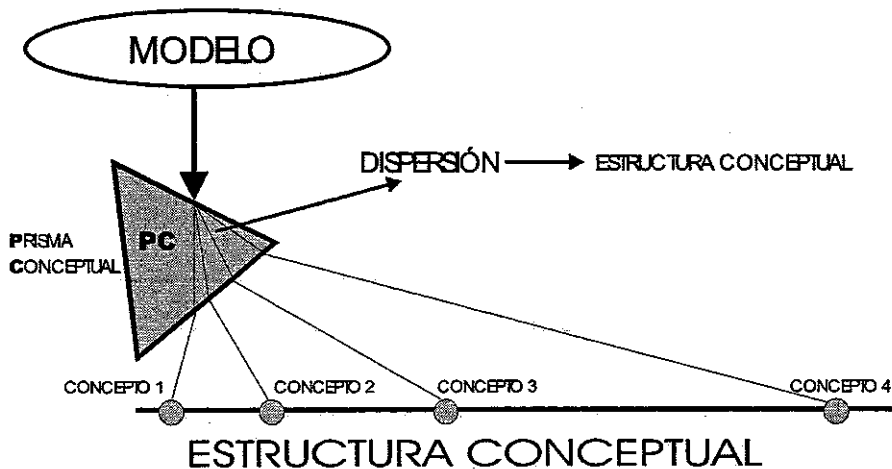


Figura 2: Estructura conceptual de un modelo

Estructura lógica de un modelo

La estructura conceptual de un modelo está sustentada por la estructura lógica que le otorga una base de racionalismo con carácter predictivo, y permite insertarlo dentro de la teoría a la cual representa.

La Figura 3 muestra una representación analógica que surge de la estructura lógica de un modelo, al ser analizada por medio de la utilización de lo que denominamos Prisma Lógico (PL).

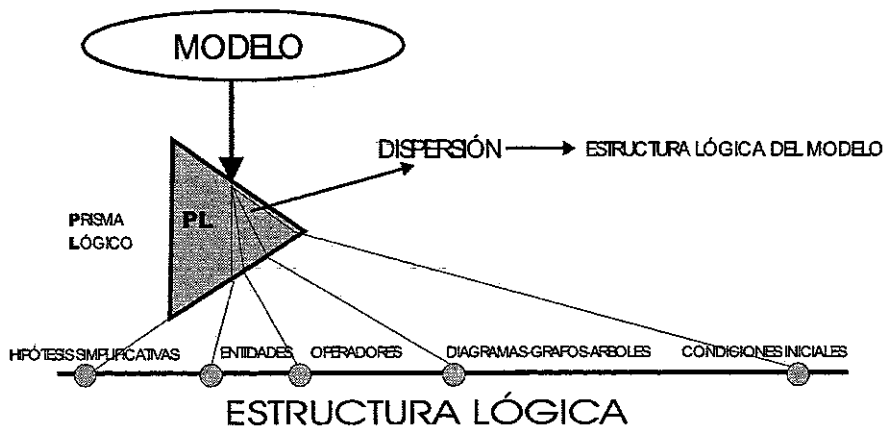


Figura 3. Estructura lógica de un modelo

Esta representación permite visualizar la forma en que los conceptos que conforman un modelo están estructuralmente ligados respondiendo a un estatuto lógico y a las distintas relaciones que dan soporte a las evidencias observacionales (Gallego Badillo, 2004).

La estructura lógica constituye la base racional del sistema hipotético-deductivo del modelo. Es la estructura lógica la que le otorga un carácter predictivo al modelo y la que permite incorporarlo a una teoría susceptible de ser confrontada con hechos. Así, esta estructura constituye una teoría dentro del modelo, que permitirá otorgarle un carácter de teórico y contrastarlo dentro de la teoría general en donde sea insertado.

Estructura didáctica de un modelo

Siguiendo con la línea que hemos planteado, los modelos didácticos o los modelos didácticos analógicos, si bien son representaciones al igual que los modelos científicos, presentan además, debido a su marco de aplicación, una estructura propia que surge de su utilización en el aula de ciencias. Así, la estructura didáctica que caracteriza a éstos tiene por objetivo ayudar a construir en el alumno la estructura conceptual que lleva asociada el modelo, mediante la utilización de múltiples recursos didácticos, en donde las analogías operan como entes sustitutos de la realidad.

Entre el acto de enseñar y la conciencia del saber existe un vínculo que reclama la aplicación de un espíritu sobre otro. Así, la idea enseñada y el racionalismo enseñante reclaman por parte de la didáctica del maestro una claridad pedagógica que ponga en orden el espíritu del discípulo enseñado (Bachelard, 1978).

La transferencia epistemológica (Viau et. al., 2008) reclama instaurar una dialéctica, donde un tema se plantea oponiéndose a otro tema, desordenando la racionalidad del discípulo en búsqueda de la racionalidad del maestro. Así, surge el irracionalismo como dialéctica maestro-discípulo (Bachelard, 1978).

El racionalismo enseñado, reclama de una filosofía pluralista de nociones que dan fecundidad a la enseñanza. De esta forma una noción se transfiere epistemológicamente en todos sus planos filosóficos, primando el mayor grado de racionalismo posible a ser alcanzado por la escolaridad del alumno. Así, se puede lograr la madurez filosófica de la noción, en donde una cultura filosófica discursiva permita reunir muchas filosofías en un mismo espíritu.

La estructura didáctica debe contemplar la intemporalidad del pensamiento racional, destemporalizar el trabajo del pensamiento, substrayéndose del tiempo vivido, de forma de crear una ruptura entre la temporalidad propia de la enseñanza de la ciencia respecto de la temporalidad vivida (Bachelard, 1978).

La duración del pensamiento no es duración vivida. Es en esta región de tiempo suspendido en donde se construye el racionalismo enseñado.

La Figura 4 muestra una representación mediante la utilización de un Prisma Didáctico Analógico (PDA), que pone en evidencia la existencia de esta estructura, que está conformada por las distintas herramientas didácticas que surgen de su aplicación: metáforas, cuentos, imágenes, analogías, etc.

Los recursos didácticos (metáforas, imágenes, cuentos, analogías, dramatizaciones, etc.) que componen la estructura didáctica responden en sí mismos a un estatuto racional (dialéctica, pluralismo, intemporalidad) que operan sobre la estructura conceptual y lógica, otorgándole al modelo el carácter predictivo que lo caracteriza como tal.

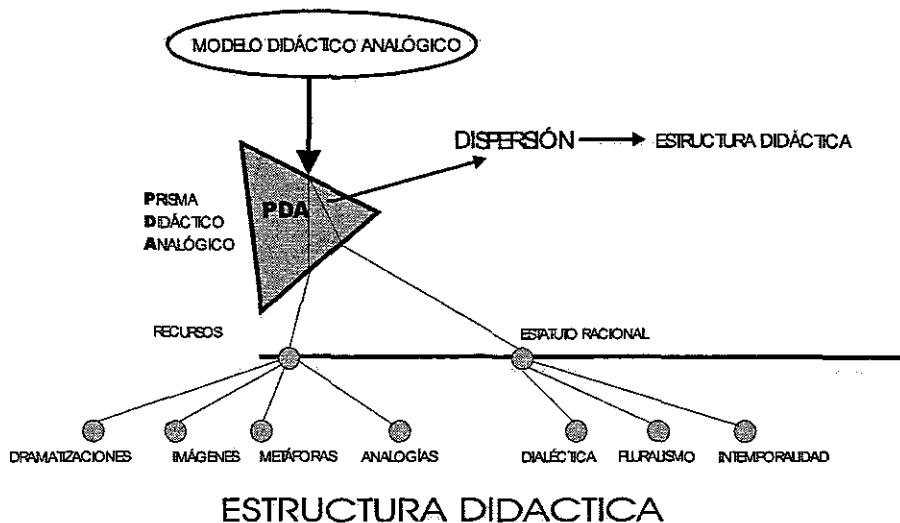


Figura 4: Estructura didáctica de un modelo

Creemos que es clara la diferencia entre modelo didáctico analógico y analogía, un modelo didáctico analógico tiene asociada una estructura conceptual y una estructura didáctica que lo diferencian de una simple analogía, ya que estas son parte de los recursos didácticos que conforman la estructura didáctica del modelo al que corresponden.

Esta estructura didáctica que caracteriza a los modelos didácticos analógicos opera sobre el sistema formal, interpretándolo, mediante la utilización de entes sustitutos (análogos), construyendo una representación de la estructura conceptual sobre la cual está sustentada. En otras palabras, para tener características de modelo, el conjunto de recursos didácticos utilizados, debe lograr crear una representación que muestre la operación de los sistemas formales, dando contenido a los términos teóricos mediante la utilización de entes sustitutos.

Estructura epistemológica de un modelo

Bachelard (2003) fundamenta que cualquier concepto científico posee una perspectiva filosófica. Esta perspectiva filosófica a la que hace referencia, la construye basándose en que es indiscutible el progreso científico a lo largo de la historia, juzgado a través del progreso que muestra la jerarquía de los conocimientos. Así propone tomar ese progreso científico como eje de un estudio filosófico en el cual las distintas concepciones filosóficas se sitúan regularmente sobre dicho eje, partiendo del animismo y llegando al superracionalismo.

“... El pensamiento científico provee un principio para la clasificación de las filosofías y para el estudio del progreso de la razón...”, (Bachelard, 2003). Así, un concepto puede ser ordenado de acuerdo a distintos niveles sobre los cuales descansan filosofías científicas diferentes, y sin duda progresivas en cuanto a la jerarquía del conocimiento sobre el mismo.

Bachelard muestra cómo un concepto se dispersa sobre las distintas filosofías en su explicación, planteando cada una de ellas un aspecto, aclarando una faz del mismo, pero distribuyéndose progresiva y ordenadamente en la medida en que la complejidad de su conocimiento lo exige. Se crea de esta manera una especie de escala, que localiza los distintos debates filosóficos abiertos sobre el concepto, que es polémica en la medida en que referencia a distintas filosofías pero que no impide confusión de sus argumentos.

No obstante, esta propuesta que propone dispersar un concepto sobre una perspectiva filosófica no priva que existan otras posibilidades de dispersión, sustentadas sobre diferentes perspectivas del mismo que provengan de otros campos del conocimiento que no sea el de la Filosofía. Una perspectiva basada en la evolución del método científico, permitiría dispersar un concepto desde la antigüedad hasta la modernidad, de acuerdo con el progreso científico.

Esto habla de una estructura epistemológica que denota todo concepto, una estructura que se pone en evidencia con la dispersión que brinda un Prisma Filosófico Epistemológico (PFE) del mismo, estructura que es polémica, ya que está sustentada en distintas filosofías, pero que bajo el espíritu científico contemporáneo convoca al pluralismo y lo dialectiza (Viau et al., 2007). La Figura 5 muestra cómo la estructura epistemológica asociada a todo concepto es dispersada bajo el prisma filosófico epistemológico.

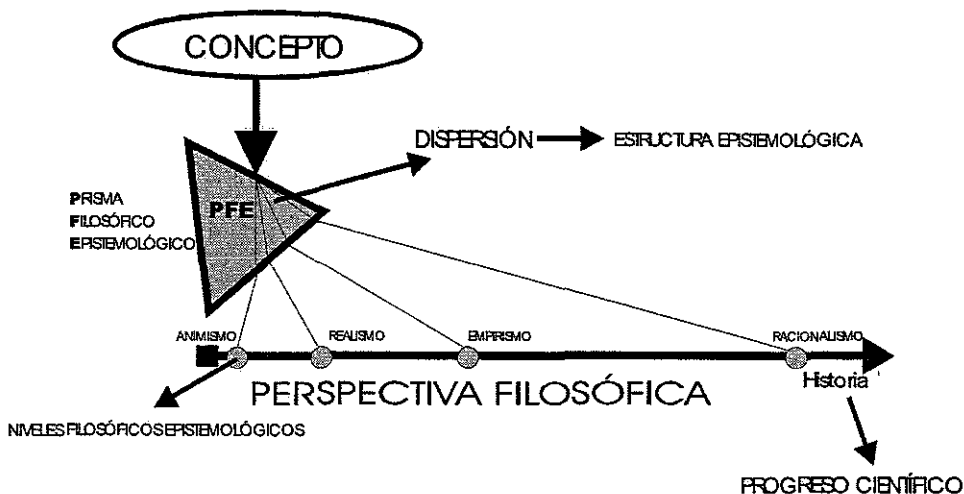


Figura 5. Perspectiva filosófica de un concepto

Hemos considerado que todo modelo posee una estructura conceptual, que se corresponde con el sistema formal al que representa. Bajo esta estructura, se sustenta la perspectiva filosófica de un modelo, que resulta de la perspectiva filosófica conceptual bajo la cual descansan las distintas explicaciones que surgen de los conceptos que lo componen. La Figura 6 muestra tal perspectiva filosófica.

Ejemplos de modelos que a través de la historia de la ciencia han descansado sobre distintas perspectivas filosóficas son los clásicos modelos planetarios y atómicos. Para hacer referencia al modelo planetario, el mismo se puede dispersar partiendo desde el animismo y realismo ingenuo (Anaximandro – Aristóteles - Ptolomeo), pasando por un empirismo (Ticho Brahe - Kepler - Copérnico) y alcanzando distintos grados de racionalismo de acuerdo con la evolución teórica de la mecánica (Descartes - Newton - Einstein). En cada uno de ellos, se ve claramente cómo conceptos como el de gravedad (parte de la estructura conceptual del modelo), ha descansado sobre distintas perspectivas filosóficas siendo sustento de la perspectiva filosófica del modelo al cual pertenece.

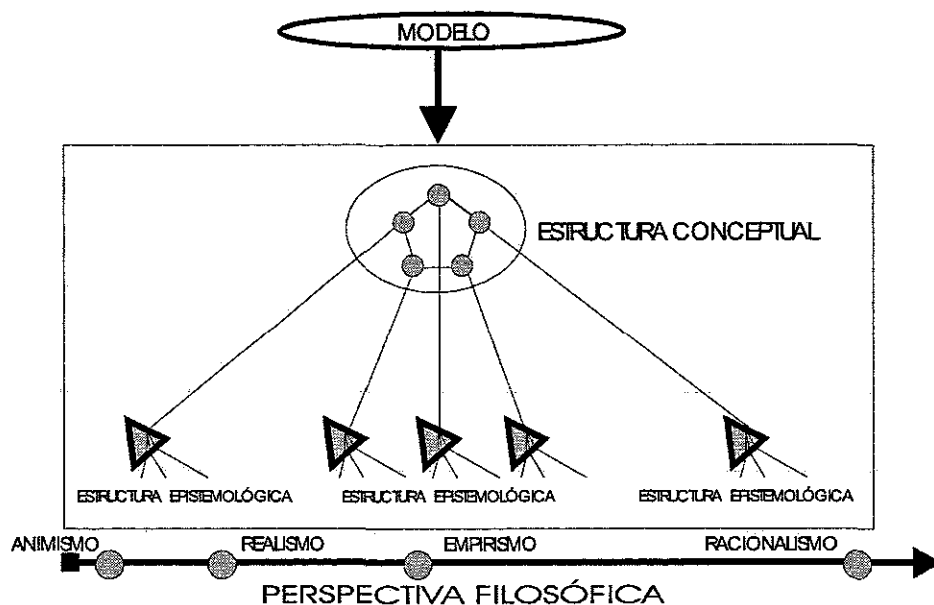


Figura 6. Perspectiva filosófica de un modelo

Consideraciones finales

Hemos pretendido ahondar en el concepto de modelo mostrando que tiene una estructura funcional asociada, que es compleja y que de acuerdo a la misma se caracterizan los distintos tipos de modelos.

En general, en la literatura, no se toma muy en cuenta el carácter predictivo que está asociado a todo modelo, o si se quiere, se reserva este carácter sólo para los modelos científicos. Sin embargo creemos que la faceta más importante de un modelo didáctico o didáctico analógico, es que pueda, aparte de servir de representación, operar sobre su estructura conceptual a los efectos de ser predictivo respecto de la realidad a la que está representando.

Así, vemos que existen para cada teoría científica, múltiples modelos conexos que la representan, y que incluso con el carácter de didácticos son utilizados en el aula de ciencias. La complejidad de sus estructuras redundará en la complejidad del modelo, y si bien son pocos, hay ejemplos de los mismos en la literatura sobre el diseño y aplicación de modelos didácticos analógicos (Moro et al., 2007). Son muchas las analogías que se utilizan en el aula de ciencia como recursos didácticos, pero son escasos los modelos didácticos que dan cuenta, al igual que los modelos de la ciencia, de una estructura conceptual mediante la utilización de entes sustitutos, que tengan un carácter predictivo al igual que los modelos científicos, y no simplemente explicativo.

Bibliografía

- Adúriz Bravo, A. y Galagovsky, L. (1997). Modelos científicos y modelos didácticos en la enseñanza de las ciencias naturales. Parte 1: Consideraciones Teóricas. *Memorias de la X REF*. Mar del Plata: Argentina.
- Bachelard, G. (1978). *EL racionalismo aplicado*. Buenos Aires: Paidós.
- Bachelard, G. (2003). *La filosofía del no*. Buenos Aires: Amorrortu Editores.
- Black, M. (1962). *Models and metaphors*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.
- Bunge, M. (1972). *Teoría y Realidad*. Barcelona: Ariel.
- Bunge, M. (1978). *Filosofía de la Física*. Barcelona: Anel.
- De la Torre, A. C. (1992). *Mecánica cuántica para filo-sofos*. Buenos Aires. Fondo de cultura económica.
- Duit, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*, 75 (6), 649-672.
- Fernández, G. J., González G. B. M. y Moreno Jiménez, T. (2005). La modelización con analogías en los textos de ciencias de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 430-439.
- Galagovsky, L. y Adúriz Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*, 19(2), 231-242.
- Gallego Badillo, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 3(3), 1-19.
- Giere, R. (1990). *Explaining science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gilbert, S. (1991). Models building and a definition of science. *Journal and Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Glynn, S. (1991). *Explaining Science Concepts: A Teaching with Analogies Model*. *The Psychology of Learning Science*. Glynn, S., Yeany, R.; Britton (Eds.), Cap. 10°, pp. 219-240.
- Hesse, M. (1966). *Models and analogies in science*. London: Sheen and Ward.
- Lawson, A. (1993). The importance of analogy: A prelude to the issue. *Journal and Research in Science Teaching*, 30, 1213-1214.
- Léhrer, R. y Schauble, L. (2000). Modeling in mathematics and science. En Robert Glaser (Ed.) *Advances in instructional psychology*. Mahwah, N.Y.: Laurence Erlbaum.
- Moro, L., Viau J., Zamorano R., Gibbs H. (2007). Aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad. Investigación de la efectividad de un modelo analógico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 272-286.
- Nersessian, N. (2007). Razonamiento basado en modelos y cambio conceptual. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 563-570.
- Thiele, R. y Treagust, D. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17, 783-795.
- Viau, J., Moro, L., Zamorano, R. y Gibbs, H. (2007). La perspectiva filosófica de un concepto: una analogía de Bachelard. *XVIII Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia*. Córdoba, Argentina.
- Viau J., Moro L., Zamorano R. y Gibbs H. (2008). La Transferencia epistemológica de un modelo didáctico analógico, *Revista Eureka*. 5(2) 170-184.