

RELACIONES ENTRE SIMULACIONES Y MODELOS. ANÁLISIS DE SIMULACIONES CIENTÍFICAS DIDÁCTICAS

GUTIERREZ¹, RUFINA y PINTÓ², ROSER

¹ Fundación Castroverde. Madrid. España. Grup TIRE. Universitat Autònoma de Barcelona. España. <rufina.gutierrez@uab.es>

² CRECIM. Universitat Autònoma de Barcelona. España. <roser.pinto@uab.es>

Palabras clave: Modelos; Modelos científicos; Simulaciones; Análisis de simulaciones científicas didácticas virtuales.

INTRODUCCIÓN. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Puede afirmarse que en los últimos años el tema de los “modelos” y de la “modelización” es uno de los que más literatura está produciendo en Didáctica de las Ciencias. Particularmente, desde la publicación del libro *Developing models in Science Education* (Gilbert y Boulter, 2000) y del número especial del *International Journal of Science Education*, 22, Vol. 9 (2000), dedicado al mismo tema, numerosos artículos han aparecido referidos a cómo los alumnos y los profesores entienden los modelos y la modelización (Treagust y otros 2005, Kawasaki y otros, 2004; Crawford y Cullin, 2004; Justi y Gilbert, 2003), a la utilización de los modelos en la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias (Coll y otros, 2005), a la importancia de la comprensión de los modelos científicos como algo imprescindible para comprender cómo se construye la ciencia (Dagher y otros 2004), e incluso la propia naturaleza de la ciencia (Coll y otros, 2005: 183). Por otra parte, otro tema de creciente importancia, en cuanto a producción de literatura, es el uso de las TIC en la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias, principalmente, las referidas al uso de Simulaciones* (Sodeberg, 2003; Pintó y otros, 2004). Es fácil encontrar instrumentos para la evaluación de materiales diseñados para ser utilizados en el ordenador (software en general, CD o páginas webs con contenidos didácticos, applets, etc). Estos instrumentos pueden llegar a ser exhaustivos, en cuanto al número de items (Majó y Marqués, 2002:166-177; Revés, 1997), pero apenas citan el tema de las simulaciones; y cuando lo hacen, analizan generalmente sólo aspectos “cosméticos” o cómo se plantea la interacción, con carencia de los puntos más críticos. Pero resulta difícil encontrar trabajos publicados en los que se relacionen ambos temas, es decir, en los que se relacione la comprensión que los profesores tienen de los modelos con la que tienen de las simulaciones.

Datos extraídos de las investigaciones acerca del uso que los profesores hacen de las simulaciones, muestran que frecuentemente los profesores no las utilizan de manera adecuada, y que no analizan críticamente la naturaleza real/virtual de lo que aparece representado en la pantalla del ordenador (Sassi y otros, 2005; Rebmann, 1999). Es difícil pensar que este comportamiento de los profesores, tal como se recoge en la investigación, sea debido a una falta de conocimiento de la materia por parte de los mismos. A nuestro parecer, más que a falta de conocimiento, se debe a falta de *conocimiento crítico* de lo que los profesores ya saben. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es presentar un instrumento que facilite a los profes-

* Mientras no se advierta la contrario, el término “simulación” será entendido en este trabajo como “simulación computacional”.

res el análisis crítico de las simulaciones, poniendo en relación las conexiones fundamentales existentes entre “modelo” y “simulación”. El instrumento deberá ser simple y las categorías de análisis teóricamente fundamentadas, como garantía de la validez del mismo. En nuestro caso, nos centraremos en las relaciones que se establecen entre modelos científicos y simulaciones científicas didácticas.

QUÉ ES UNA SIMULACIÓN CIENTÍFICA DIDÁCTICA

Desde el punto de vista conceptual, una simulación se define ordinariamente como “la puesta en marcha, o la ejecución, de un modelo” (de Kleer y Brown, 1983). En consecuencia, una simulación científica se define como la puesta en funcionamiento de un modelo científico. De aquí se sigue de la necesidad de saber cómo se define un modelo científico. Los profesores que busquen en la literatura didáctica esta definición, se van a encontrar con que son muy pocos los trabajos que la aportan: la mayoría de las publicaciones al respecto no definen “modelo científico”, sino que normalmente ofrecen listas de propiedades de los mismos. Por ejemplo, Smit (2002) enumera doce de estas propiedades, y Gilbert y otros (2003) enumeran once. Pensamos que esta proliferación de características no es muy ayudador para los profesores a la hora de analizar críticamente si el modelo que sirve de base a una simulación didáctica es o no un modelo científico; que es lo mismo que decir si se trata, o no, de una simulación científica didáctica. Sin conocer estos datos, es muy difícil que un profesor tenga el control necesario de los contenidos que está tratando de enseñar utilizando simulaciones (Drechsler y Schmidt, 2005). Por lo tanto, el tema de la simplificación, de la distinción entre propiedades esenciales y accesorias, parece necesario, si queremos facilitar el análisis crítico por parte del profesor. Un modo de conseguir esto es acudir a la ontología, como la parte de la filosofía que nos puede proporcionar cuáles son esas características.

QUÉ ES UN MODELO CIENTÍFICO

Cuando se acude a la ontología para buscar la información que necesitamos, lo primero que hay que decidir es en qué tipo de sistema filosófico se encuadra esa visión ontológica. Nos decidimos por tener como referencia la ontología de Bunge, por ser uno de los autores más citados en la literatura didáctica que estamos examinando (junto con Harré y Giere), y porque su punto de vista realista moderado puede ser el adecuado para los planteamientos didácticos de la ciencia en los niveles preuniversitarios (Gilbert y Boulter, 2000:23).

En sus obras, Bunge distingue entre *modelo objeto* y *modelo teórico* (lo que se llama comúnmente *modelo científico*), y plantea las siguientes definiciones:

- Un *modelo objeto* es una representación esquemática de un sistema real o conjeturado. Este esquema enumera las propiedades más importantes de un objeto de una especie determinada. Por ejemplo: Un pión neutro es una partícula de masa 135 MeV y vida media de 10^{-16} sec, que decae ordinariamente en dos fotones gamma.
- Un modelo objeto junto con una serie de enunciados legales es un *modelo teórico* [modelo científico] de un sistema real o conjeturado. Por ejemplo: un modelo estocástico de aprendizaje (Bunge, 1973:59-60).

Según estas definiciones, podemos afirmar que los **constituyentes ontológicos** de un modelo científico (con independencia del área de conocimiento al que nos refiramos) son los siguientes:

- Un *conjunto de entidades* (modelo objeto) con sus propiedades especificadas; y
- Un *conjunto de enunciados legales*, relativo a los comportamientos de las entidades consideradas en el modelo objeto.

¿MODELOS DEL UNIVERSO FÍSICO O DEL UNIVERSO FORMAL?

Con la anterior descripción de los anteriores constituyentes ontológicos, los profesores podrían tener los criterios esenciales para analizar críticamente una simulación didáctica, y determinar si el modelo subya-

cente a la misma es o no científico. Pero, es particularmente importante para los profesores de ciencias saber si éste modelo hace relación al universo físico (el mundo “real”, cualquiera que sea el significado que le demos a esta palabra), o al universo formal (el que hace relación a la matemática, la lógica o la semántica). Esta distinción es crucial para distinguir, por ejemplo, entre la gráfica construida con datos reales provenientes de un objeto que cae desde una cierta altura, recogidos en un laboratorio mediante una interfaz, los cuales son procesados y representados en la pantalla de un ordenador; y la simulación del mismo fenómeno, cuya grafica también aparece representada en la pantalla del ordenador, con datos provenientes de una ecuación matemática. Esto lleva a la necesidad de establecer nuevas distinciones ontológicas entre las entidades representadas en los modelos.

Desde un punto de vista ontológico, sólo existen **dos tipos de entidades**:

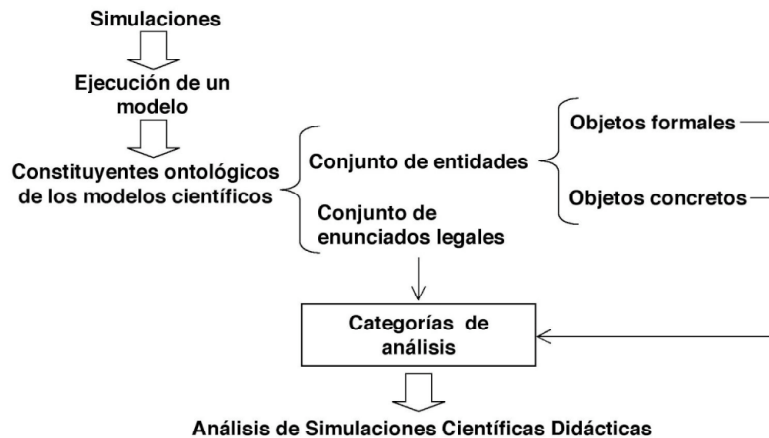
- *Objetos concretos*, o cosas “reales”, como las sillas o las piedras. Estas entidades poseen estructura material y propiedades físicas, como color, dureza, peso.
- *Objetos formales*, o *constructos*, que son creación de la mente humana, como los conceptos o las proposiciones. Estos constructos no poseen propiedades físicas: no se mueven, no pesan, no son duros o blandos (Bunge, 1977).

Los *modelos objeto* son constructos, que pueden representar uno u otro tipo de entidades, es decir, objetos o *conceptos concretos* u objetos o *conceptos formales*. Según sean los referentes de estos, el modelo científico construido a partir de este modelo objeto, será un modelo que represente sistemas físicos, como son los que representan fenómenos del mundo “natural”; o un modelo que representa un sistema del universo formal, como una función matemática (Bunge, 1980).

Esta distinción nos proporciona los criterios suficientes para saber en qué universo se sitúa la simulación que está analizando el profesor: Según los conceptos que constituyan el modelo objeto tengan sus referentes en el universo fáctico o físico, o las tengan en el universo formal, *la simulación se referirá al universo físico o al universo formal*.

UN INSTRUMENTO PARA ANALIZAR SIMULACIONES CIENTÍFICAS DIDÁCTICAS

Los estudios presentados anteriormente nos permiten construir un instrumento con categorías de análisis teóricamente fundamentadas. Este instrumento sería suficiente para que el profesor analizara de manera crítica los modelos que sirven de base a las simulaciones, haciendo un juicio sobre si es o no científico; y a qué tipo de universo hacen referencia los conceptos utilizados en la representación del modelo.



Así, el tipo de modelo y el universo de sus referentes conceptuales, determinarían, por ejemplo, si se trata de una simulación científica didáctica que hace relación al universo fáctico, o de otro tipo de simulaciones.

La Figura representa gráficamente las categorías de análisis y las relaciones que se establecen entre ellas. Conclusiones, discusión e implicaciones.

Como hemos mostrado a lo largo de este trabajo, el análisis adecuado de Simulaciones Científicas Didácticas lleva consigo el análisis crítico de lo que es un Modelo Científico. Mediante un estudio de los constituyentes ontológicos de éste último, y del tipo de entidades que pueden ser referentes de esos modelos, hemos llegado a describir una serie de categorías para el análisis de las Simulaciones Científicas Didácticas, sumamente reducidas y rigurosamente definidas, que permitirán a los profesores realizar sin demasiado esfuerzo el análisis crítico de las mismas.

Podría argumentarse que el lenguaje utilizado en la definición de las categorías es demasiado abstracto, difícil de presentar a los profesores, o difíciles de operativizar, para facilitar su comprensión y su consiguiente aplicación al análisis de simulaciones específicas, como las que uno puede encontrarse en cualquier software educativo, applets, o páginas web. Nuestra experiencia en cursos de formación con profesores, con diferentes titulaciones (no sólo de Ciencias) y diferentes años de docencia, avalan la hipótesis de que el lenguaje es fácilmente asimilable, y la operativización de los conceptos introducidos inmediato, si se les presenta la oportunidad de reflexionar y discutir sobre algunos ejemplos específicamente pensados para este fin.

Abordar este tema de forma directa en la formación de profesores (tanto la de los que se preparan para enseñar, como la de los ya docentes), nos ya parece urgente y primordial. En un trabajo anterior presentamos un primer ensayo de este instrumento (Gutierrez y Pinto, 2004), y actualmente estamos trabajando en el diseño de cursos de perfeccionamiento del profesorado con esta temática. Los resultados nos permiten ser optimistas, y creemos que a corto plazo podremos tener disponible un material adecuado, dirigido a los formadores de los profesores, para facilitar la tarea en este campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUNGE, M. (1973) *Philosophy of Physics*. Reidel. Dordrecht, Holanda. Trad. cast. de J. L. García, *Filosofía de la Física*. Barcelona: Ariel, 1982 (citas de la edición castellana).
- BUNGE, M. (1977) *Ontology I: The furniture of the World*. Vol. 3 de: Bunge, M., 1974-1989, *Treatise on Basic Philosophy*. Dordrecht, The Netherland. Reidel Publishing. 8 vols.
- BUNGE, M., 1980, *Epistemología*. Madrid: Ariel.
- COLL, R. K., FRANCE, B. y TAYLOR, I. (2005) The role of models and analogies in science education: implications from research. *Int. J. of Science Education*, 27 (2), 183-198.
- CRAWFORD, B. y CULLIN, M. J. (2004) Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *Int. J. of Science Education*, 26 (11), 1379-1401
- DAGHER, Z. R., BRICKHOUSE, N.W., SHIPMAN, H., LETTS, J. y STURT, C. (2004) How some colleges students represent their understanding of the nature of scientific theories. *Int. J. of Science Education*, 26 (6), 735-755.
- DRECHSLER, M. y SCHMIDT, H-J. (2005) Textbooks' and teachers' understanding of acid-base models used in chemistry teaching. *Chem. Educ. Res. and Pract.*, 6 (1), 19-35.
- GILBERT, J. K., JUSTI, R. y AKSELA, M. (2003) *The visualization of models: a metacognitive competence in the learning of chemistry*. Comunicación presentada en el Fourth International Conference of the ESERA. Holanda, 19-23 Agosto.
- GILBERT, J. K. y BOULTER, C. J. (eds) (2000) *Developing models in Science Education*. Kluwer. Dordrecht, The Netherlands.
- GUTIERREZ, R. y PINTÓ, R., (2004) Models and Simulations. Construction of a Theoretically Grounded Analytic Instrument. En: E. Mechlová (ed), *Proceedings of the GIREP 2004 International Conference Teaching and Learning Physics in New Contexts*. Selected Papers. Ostrava, Czech Republic: University of Ostrava, p. 157-158.
- JUSTI, R. y GILBERT, J. K. (2003) Teachers' views of the nature of models. *Int. J. of Science Education*, 25 (11), 1369-1386.
- KAWASAKY, K., HERRENKOHL, L. R. y YEARY, A. (2004) Theory building in modeling in a sinking and floating unit: a case study of third and fourth grade students. *Int. J. of Science Education*, 26 (11) 1299-1324.
- MAJÓ, J. y MARQUÈS, P. (2002) *La revolución educativa en la era Internet*. Barcelona: Praxis.

- PINTÓ, R., FELIU, V., GUILLAUMES, M. y GARCÍA, P. (2004) Dealing with simulation micro-worlds in Science classes. *Integrating Knowledge for the Use of Informatic Tools in Science Education (IKUITSE)*. Report D2. European Commission HPAM-2002-00029. Universidad Autónoma de Barcelona.
- REBMANN, G. (1999) *Investigation of the actual use of informatic tools by science teachers. The French case. STTIS Project, NRI.2-FR*. Disponible on line: <<http://www.blues.uab.es/~idmc42/sttis.html>> [enero 2005]
- REEVES, T.C. (1997) *Evaluation Tools*. Disponible on-line: <<http://mime1.marc.gatech.edu/MMTools/evaluation.html>> [Enero 2005]
- SASSI, E., MONROY, G. y TESTA, I. (2005) Teacher Training about Real-Time Approaches: Research-based guidelines and Training Materials. *Science Education*, 89, (1), 28-37
- SMIT, J. A., (2002) Models, mental images and language in scientific thinking. En: Michelini, M. y Cobal, M. (eds), *Developing Formal Thinking in Physics*. Udine, Italia: Forum. Universidad de Udine, p 117-120.
- SODEBERG, P. (2003) An examination of problem-based teaching and learning in population genetics and evolution using EVOLVE, a computer simulation. *Int. J. of Science Education*, 25 (1), 35-55.
- TREAGUST, D. F., CHITTLEBOROUGH, G.D. y MAMIALA, T. L. (2005) Students' Understanding of the Descriptive and Predictive Nature of Theching Models in Inorganic Chemistry. *Research in Science Education*, 34 (1), 1-20.