

DISEÑO DE UN CURSO DE FORMACIÓN DE PROFESORES PARA INTRODUCIR EL CONCEPTO DE MODELO CIENTÍFICO. UN ESTUDIO EXPLORATORIO¹

Rufina Gutierrez

Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas (IEPS). Madrid. E-mail: rufina.gutierrez@uab.es
Centre de Recerca per a l'Educació Científica y Matemàtica (CRECIM). UAB. Barcelona.

Denise Whitelock

Centre de Recerca per a l'Educació Científica y Matemàtica (CRECIM). UAB. Barcelona.
Institute of Educational Technology. The Open University. Milton Keynes. UK. E-mail: d.m.whitelock@open.ac.uk

RESUMEN: El concepto de Modelo Científico es hoy considerado como fundamental para plantear de manera adecuada la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Es sabido que muchos profesores tienen una comprensión incompleta o confusa del mismo, y que los cursos diseñados para introducirles en este concepto han sido con frecuencia infructuosos. Éstos, normalmente se diseñan desde una perspectiva epistemológica e introducen directamente el concepto. En este trabajo ofrecemos el resultado de un estudio piloto, en el que se adopta una aproximación ontológica al concepto, y se introduce el mismo indirectamente, mediante el análisis de simulaciones científicas didácticas. Los resultados satisfactorios obtenidos, permiten pensar que los cambios de perspectivas adoptados pueden ser eficaces para el futuro diseño de cursos de formación de profesores.

PALABRAS CLAVE: diseño de cursos de formación de profesores, perspectiva ontológica, modelo científico, aprendizaje.

OBJETIVOS DEL TRABAJO. JUSTIFICACIÓN.

Nos proponemos en este trabajo presentar el resultado preliminar de un estudio piloto sobre el diseño de un curso de formación, destinado a profesores de ciencias, con el fin de introducirlos en la comprensión del concepto «modelo científico». Es sabido que este concepto es frecuentemente asimilado de manera confusa por muchos profesores de ciencias (Svoboda y Passmore, 2011; Oh y Oh, 2011); y que los cursos que se han creado con el objetivo de facilitar la comprensión del concepto no siempre han tenido el éxito esperado (Crawford y Cullin, 2004; Justi y Van Driel, 2005). Por esta razón nos

1. Parte de este trabajo se presentó en «Tenth international Conference «Computer Based Learning in Science (CBLIS 2012): Learning Science in the Society of Computers». Barcelona, 2012. En este caso se enfatiza el diseño del curso propiamente dicho.

parecía importante diseñar una alternativa a las metodologías de formación propuestas, y ésta es la que presentamos en este trabajo, juntamente con los resultados obtenidos al aplicar la misma.

MARCO TEÓRICO

Como señalamos antes, no son pocos los profesores que encuentran dificultades para comprender el concepto de «modelo científico» (MC). Sin embargo, hoy es ampliamente reconocido que éste concepto es fundamental para plantear de manera adecuada la enseñanza/aprendizaje de las ciencias (Coll and Lajium, 2011; Windschitl et al, 2008). Analizando las aproximaciones teóricas y las metodologías empleadas en las diferentes investigaciones llevadas a cabo con la finalidad de que los profesores entendieran adecuadamente el concepto de modelo científico, hemos encontrado que normalmente se introduce el concepto desde *aspectos exclusivamente epistemológicos* (Justi y Van Driel, 2005; Crawford y Cullin, 2004); y que los métodos empleados son los *planteamientos directos*, tanto en el aula con metodología tradicional (ej. Justi y Van Driel, 2005), como cuando se utilizan recursos informáticos (ej. Crawford y Cullin, 2004). Por estas razones decidimos cambiar de aproximación teórica y metodológica. Hemos señalado en algunos estudios anteriores que una *aproximación ontológica* a la enseñanza del MC aligera la carga cognitiva del concepto (Gutierrez y Pinto, 2008), lo cual facilita su aprendizaje. Tenemos en cuenta, además, que esta perspectiva comienza a ser considerada como necesaria por otros autores, tanto en la definición misma de MC (Giere, 2010) como en el planteamiento de la enseñanza/aprendizaje del mismo (Chen, 2011; Aliberas, 2012). Y respecto a la metodología, seguiremos un *método indirecto* para la introducción del concepto, como explicaremos a continuación.

METODOLOGÍA

Cada vez está más extendido el uso de simulaciones² científicas didácticas entre los profesores de ciencias. Pero es poco frecuente que analicen los modelos científicos (MC) que subyacen a dichas simulaciones. Como es sabido, una simulación no es más que la puesta en marcha o ejecución de un modelo; por lo tanto, una simulación científica es la puesta en marcha de un modelo científico; y una simulación científica didáctica (SCD) es una simulación científica diseñada con propósitos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Nuestra hipótesis metodológica era la siguiente: *si proponemos a los profesores que analicen y evalúen los modelos científicos que subyacen a las SCD, necesariamente deberán estudiar qué es un MC*. Este modo de aproximarse al concepto de MC *no es directo, sino indirecto*, y la necesidad de entender el concepto no se presenta como algo meramente intelectual, sino que *aparece como condición necesaria para el uso correcto de las simulaciones en el aula*.

La utilización de esta metodología ofrece otra ventaja: el conocimiento adquirido a través del análisis de SCD no será solamente declarativo, sino también procedimental, lo cual favorece una fijación más amplia y duradera del concepto (Cohen y Squire, 1980).

Muestra

Seis posgraduados en ciencias, en el contexto de un Seminario de Investigación realizado en un curso de Master en Investigación Didáctica. Todos los sujetos habían sido introducidos en el concepto de MC en previos cursos o sesiones. Todos tenían alguna experiencia en enseñanza de las ciencias.

2. El término «simulación» será entendido en este trabajo como «simulación virtual».

Recursos

Un cuestionario validado, para conocer las concepciones de MC que tenían los sujetos de la muestra antes de la intervención. El cuestionario constaba de tres preguntas abiertas, sobre: Q1, *definición* de MC; Q2, *constituyentes esenciales* del MC; Q3, *funciones esenciales* del MC.

- Un instrumento para el análisis de SCD desde la perspectiva de los MC subyacentes (Fig. 1).
- Un conjunto de simulaciones seleccionadas para ser analizadas con dicho instrumento.
- Un cuestionario sencillo y directo, para analizar la comprensión de MC de los sujetos de la muestra al aplicarlo a una situación práctica, después de la intervención.

Procedimiento

En el contexto del Seminario de Investigación, diseñamos dos sesiones de trabajo, cada una de 2 horas de duración, con un descanso intermedio.

Primera sesión. En la primera sesión expusimos al grupo el propósito del Seminario. Todos los participantes estuvieron de acuerdo en participar en el mismo. A continuación les entregamos el Cuestionario para que contestasen las preguntas Q1, Q2 y Q3. La finalidad era obtener información sobre el concepto de MC que tenían los miembros de la muestra antes de empezar la intervención. Las respuestas eran anónimas, por lo que cada sujeto del grupo asignó un número al suyo.

Después de recoger los cuestionarios contestados, presentamos el instrumento para el análisis de SCD (Fig. 1), introduciendo conceptos básicos: distinción entre animaciones y simulaciones, y entre los diferentes universos a los que pueden estar referidas éstas últimas; a continuación, señalamos los constituyentes ontológicos de un modelo MC, como referente esencial para asignar una simulación a un determinado universo (imaginario, formal -ej. matemáticas-, físico -ej. objetos concretos). Por último, también explicamos criterios para conocer los límites de validez de los modelos.

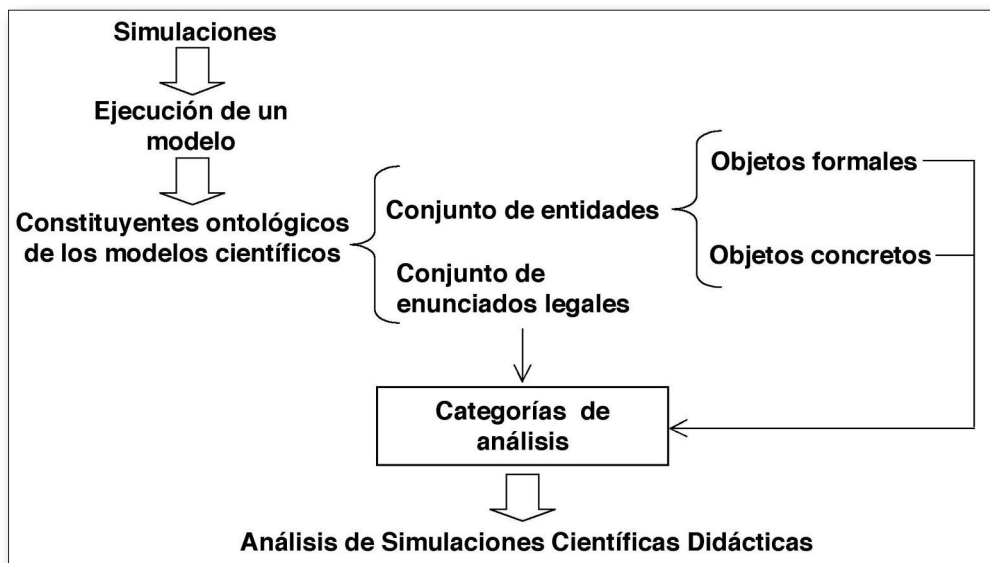


Fig. 1. Instrumento para el análisis de simulaciones científicas didácticas desde una perspectiva ontológica (Gutiérrez y Pintó 2004)

Terminamos la sesión presentando diversas SCD al grupo. El propósito era el mostrar operativamente los conceptos que acabábamos de introducir. Elegimos simulaciones muy simples en diseño y contenido, para fijar la atención solamente en los conceptos básicos. Un ejemplo, en la Figura 2.

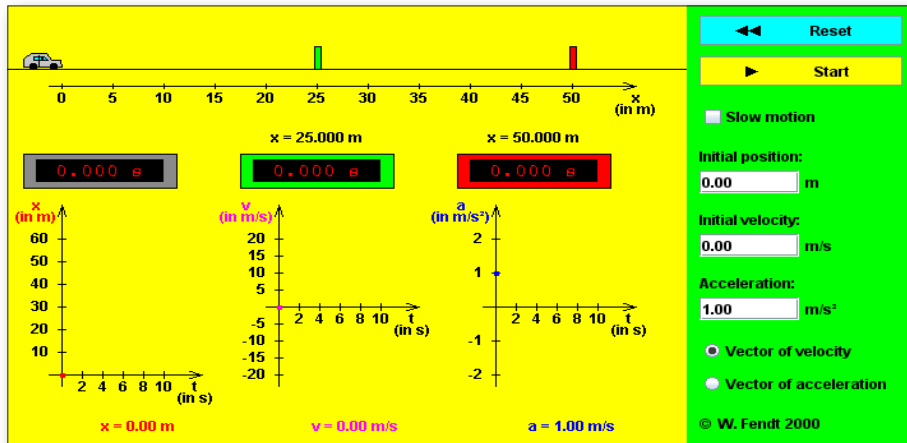


Fig 2. Según Walter Fendt (<http://www.walter-fendt.de/ph14e/acceleration.htm>)

El examen de las simulaciones se hizo colectivamente. El tutor se limitó a mantener un animado y productivo *feedback*, haciendo preguntas cruciales, clarificando dudas, etc., acerca de los conceptos que se estaban aplicando.

Segunda Sesión.-En la segunda sesión se presentaron nuevas simulaciones. En esta ocasión, los sujetos, *trabajando en parejas*, hicieron el análisis de las mismas, aplicando el instrumento facilitado para ello (Fig 1). El tutor se limitó a observar el trabajo y a contestar las dudas formuladas por los sujetos, aclarando y fijando operativamente los conceptos. Después de este trabajo, presentamos una nueva simulación, muy distinta de las examinadas hasta entonces en cuanto a contenido y complejidad (ver Fig. 3). Pedimos a los sujetos que la analizaran *individualmente*, aplicando el consabido instrumento, y que escribieran los resultados del análisis. Todas las respuestas fueron anónimas y señaladas por los sujetos con el mismo número que utilizaron en el cuestionario.

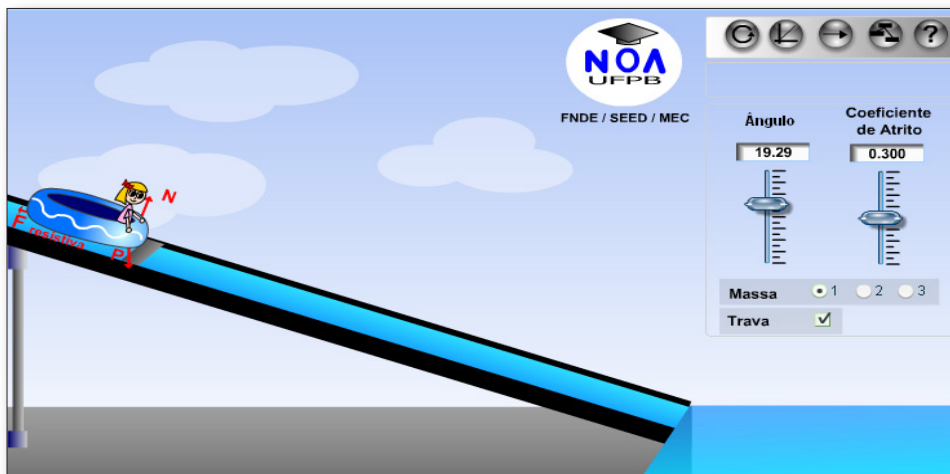


Fig. 3. Según Romero Tabares (<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/>)

Por último, pedimos a los sujetos que contestaran individualmente al cuestionario mostrado en el Apéndice. Las respuestas fueron anónimas y numeradas, según el criterio utilizado anteriormente.

RESULTADOS

Análisis del cuestionario pre-intervención

Las respuestas al primer cuestionario fueron analizadas usando una metodología cualitativa. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1. En la misma, «Q» denota respuesta correcta. Si a la «Q» se añade una «c» (Qc), denota respuesta parcialmente correcta.

La Tabla 1 se ha diseñado siguiendo las categorías de respuestas halladas en otras investigaciones acerca de las concepciones de MC encontradas entre los profesores de ciencias (Gutierrez y Pinto, 2008; Justi y Gilbert, 2003). Como puede observarse, las respuestas se concentran en torno al campo semántico *Modelo Científico*. En este sentido, la diferencia entre las respuestas de los sujetos de nuestra muestra y las encontradas en otros estudios es notable. Aunque hay que advertir que la frecuencia de «Qc» que aparece en la Tabla 1 indica que las respuestas dadas están lejos de ser completas o correctas.

Tabla 1.

Muestra	Clasificación de las respuestas 1 (Q1), 2 (Q2), y 3 (Q3) ¹					
Sujeto Número	Teoría Científica	Modelo Científico	Ayuda para explicar	Método Científico	Otras	Imposible clasificar
1		Q1c ¹ , Q2c, Q3c				
2		Q1c, Q2c, Q3c				
3			Q1, Q3			Q2
4	Q2c	Q1c, Q3				
5 ²						
6 ²						

Tabla 1. Resultados del análisis de las respuestas del cuestionario pre-intervención. 1La letra «c» añadida a la «Q» significa que las respuestas a la cuestión se corresponde solo parcialmente con la definición de la categoría. 2Los sujetos «5» and «6» no pudieron contestar al cuestionario pre-intervención debido a diversa circunstancias.

Análisis del cuestionario pos-intervención

La Tabla 2 muestra los resultados del análisis cualitativo de las respuestas al cuestionario del Apéndice.

Tabla 2.

Resultados del análisis de las respuestas del cuestionario pos-intervención.

Muestra	Clasificación de las respuestas 1 (Q1), 2 (Q2), y 3 (Q3)					
Sujeto Número	Teoría Científica	Modelo Científico	Ayuda para explicar	Método Científico	Otras	Imposible clasificar
1		Q1, Q2, Q3				
2		Q1, Q2, Q3				
3		Q1, Q2	Q3			
4		Q1, Q2, Q3				
5		Q1, Q2, Q3				
6		Q1, Q2, Q3				

Como puede observarse en la Tabla 2, todas las cuestiones fueron contestadas correctamente. Sólo un sujeto mantiene la categoría «Ayuda para explicar» en sus respuestas. Esta categoría pertenece al ámbito semántico *didáctico*, y parece muy arraigada entre los profesores de ciencias. Por ejemplo, Justi y Gibert (2003) la encontraron en el 82% de la muestra de su estudio, formada por profesores de Primaria, Secundaria y Universidad.

CONCLUSIONES

Lo primero que hay que advertir es que las conclusiones de nuestro trabajo deben tomarse con cautela, ya que la muestra es poco significativa y que se trata de un estudio exploratorio. Teniendo esto en cuenta, se puede concluir lo siguiente:

- Si comparamos los resultados reflejados en las Tablas 1 y 2, podemos afirmar que *los sujetos de la muestra han aprendido* el concepto de Modelo Científico. Hacemos notar que el hecho de que no tuviéramos datos preliminares de los sujetos «5» y «6» no parece muy importante, dado el resultado final:
- La *aproximación ontológica* al análisis de las SCD fue novedosa para el grupo. La distinción entre «objetos» (entidades) y «propiedades» (variables) resultó sorprendente y clarificador para todos, y facilitó la adscripción de los modelos a sus distintos universos.
- La *metodología utilizada*, es decir, la introducción al concepto *de manera indirecta*, utilizando como recurso el análisis de SCD, facilitó el uso y discusión del concepto MC en diversos contextos de aplicación.
- Pensamos que el paso inmediato del conocimiento declarativo (conceptual) al procedimental (aplicación práctica en contexto) también influyó en la comprensión del concepto mostrada por los sujetos.

Por esta razón se puede concluir, con las cautelas apuntadas al principio de este apartado, que la *aproximación ontológica que planteamos y el método indirecto utilizado para la introducción del concepto «Modelo Científico» (el análisis de Simulaciones Científicas didácticas), se muestra eficaz para el aprendizaje de dicho concepto.*

Queda por comprobar la eficacia de nuestros planteamientos en grupos en los que el concepto de MC no se haya intentado introducir anteriormente, y ampliar el estudio con muestras más representativas. Todo esto queda pendiente y deberá ser objeto de trabajos posteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliberas, J. (2012). *Aproximació als fonaments epistemològics i psicològics per al disseny i aplicació d'una seqüència de ciències a l'ESO*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales. España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Chen, X. (2011). Why do people misunderstand climate change? Heuristics, mental models and ontological assumptions. *Climatic Change*, 108 (1-2), pp 31-46.
- Cohen, N. J. and Squire, L. R. (1980). Preserved Learning and Retention of Pattern-Analysing Skill in Amnesia: Dissociation of Knowing How and Knowing that. *Science, New Series*, 210 (4466), pp. 207-210.
- Coll, R. K. and Lajiun, D. (2011). Modeling and the Future of Science Learning. In: Khine, M. S. and Saleh, I. M., (eds), *Models and Modeling. Cognitive Tools for Scientific Enquiry*. NY: Springer. pp. 3-21.

-
- Crawford, B. and Cullin, M. J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *Int. J. of Science Education*, 26 (11), pp. 1379-1401.
- Giere, R. N. (2010). An Agent-Based Conception of Models and Scientific Representation. *Synthese* 172, pp. 269-281.
- Gutierrez, R. and Pinto, R. (2004). Models and Simulations. Construction of a Theoretically Grounded Analytic Instrument. En: E. Mechlová (ed), *Proceedings: Teaching and Learning Physics in New Contexts. Selected Papers. GIREP 2004 International Conference*. Ostrava, Czech Republic: University of Ostrava. pp. 157-158.
- Gutierrez, R. and Pinto, R. (2008). Teachers' conceptions of scientific models II: Comparison between two groups with different backgrounds. In: E. van der Berg, A. L. Ellermeijer, O. Sloote (eds) «*Modeling in Physics and Physics Education*». The Netherland: AMSTEL Institute. Univ. of Amsterdam, pp 958-963.
- Justi, R. and Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views of the nature of models. *Int. J. of Science Education*, 25 (11), pp. 1369-1386.
- Justi, R. and Van Driel, J. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modeling: promoting, characterizing, and understanding the process. *Int. J. of Science Education*, 27 (5), pp. 549-573.
- Oh, P. S. and Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *Int. J. of Science Education*, 33 (8), pp. 1109-1130.
- Svoboda, J. and Passmore, C. (2011). The Strategies of Modeling in Biology Education. *Sci & Educ*. DOI 10.1007/s11191-011-9425-5.
- Windschitl, M., Thomson, J. and Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-Based Inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92 (5), pp. 941-967.