

LA MODELIZACIÓN EN LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS: ¿QUÉ MECANISMOS O ESTRATEGIAS LA PROMUEVEN?

Anna Garrido Espeja Digna Couso Lagarón
Centre de Recerca en Educació Científica i Matemàtica (CRECIM), UAB

RESUMEN: Este trabajo tiene como objetivo caracterizar los mecanismos didácticos que promueven una práctica de modelización productiva en la formación inicial de maestros. Para ello, analizamos episodios de video de las discusiones cuando los futuros maestros participan en un escenario de enseñanza y aprendizaje basado en un ciclo de modelización. Los resultados muestran que un escenario de este tipo permite una rica modelización y una mejora del modelo, siendo el alumnado es un gran agente de evaluación del modelo (cuestionándolo, poniéndolo a prueba, etc.). Aun así, observamos que para conseguir que la práctica de modelización sea productiva, es decir, que el alumnado construya modelos conceptuales clave, no es suficiente con permitir que éste indague con fenómenos, sino que se hace necesaria la ayuda del experto, en el momento adecuado, que enfoca la mirada y aporta ideas nuevas.

PALABRAS CLAVE: formación inicial de maestros, práctica científica de modelización, modelo científico escolar, mecanismos de influencia didáctica.

OBJETIVOS: Esta investigación forma parte de una tesis doctoral donde se investiga cómo los maestros en formación inicial modelizan y construyen unos modelos científicos clave en un contexto que lo pretende promover. En esta aportación nos centramos en dos preguntas:

1. ¿Qué detonantes o mecanismos de influencia didáctica se dan mayoritariamente en una formación inicial de maestros centrada en la modelización?
2. ¿Cuáles de estos mecanismos promueven una modelización productiva?

MARCO TEÓRICO

Una forma innovadora de enseñanza de las ciencias se presenta en el marco de las prácticas científicas (NRC, 2012; Osborne, 2014), análogas (pero no iguales) a las de la ciencia (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003). La participación en estas prácticas es coherente con el marco del aprendizaje sociocultural y situado (Lave & Wenger, 1991) y ha mostrado promover una visión más precisa de las maneras de funcionar de la ciencia (Grandy & Duschl, 2007).

Por otra parte, diferentes autores destacan la importancia del aprendizaje de modelos científicos (escolares) clave (Adúriz-bravo & Izquierdo-aymerich, 2009) que permitan a los alumnos explicar gran cantidad de fenómenos desde una determinada “forma de mirar”, en vez de enseñar multitud de contenidos conceptuales desconectados entre ellos.

En este sentido, la práctica científica de modelización adquiere especial relevancia como un proceso clave en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Tiberghien, 1994), desde nuestro punto de vista, para conseguir que los alumnos construyan unos modelos científicos escolares clave. Re-elaborando en las categorías propuestas por otros autores (Khan, 2007; Schwarz et al., 2009) la práctica de modelización consiste en 4 procesos principales: *usar* un modelo para predecir o explicar fenómenos, *expresar* el modelo de manera más general o abstracta, *evaluar* el modelo en contraposición a las pruebas disponibles y *revisar* o modificar el modelo en consecuencia.

Aunque hay mucha investigación sobre la práctica de modelización o los modelos, no se han analizado en el “durante” (es decir, mientras se están dando en el aula), así como tampoco los mecanismos o factores que influyen en estos procesos. Tal y como indican otros autores (Louca, Zacharia, & Constantinou, 2011), es especialmente necesario investigar cuáles son los mecanismos didácticos que favorecen una modelización productiva, ya que dar un apoyo efectivo a los alumnos en estos contextos es un reto importante para el profesorado. Además, conocer la influencia que pueden tener estos mecanismos cuando los realiza el propio alumnado es un área de la que se sabe poco y con la que queremos contribuir con esta investigación.

Por último, sabemos que la incorporación de los modelos y la modelización en la escuela primaria es muy escasa (Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008) con lo cual se hace necesaria la incorporación de éstos ya en la formación inicial de maestros. Desde nuestra perspectiva, proponer entornos de aprendizaje centrados en la modelización es especialmente adecuado en la formación inicial, no sólo porque les permite construir unos pocos modelos clave de ciencias que les sirvan como buenos ejemplos para trabajar en el aula de primaria, sino también porque permite que experimenten en primera persona los detalles de una metodología didáctica adecuada, requisito imprescindible para ser capaces de aplicarla en sus futuras clases (Martínez-Chico, 2013).

CONTEXTO

La investigación presentada se llevó a cabo en el marco de la asignatura de “Didáctica de las Ciencias Experimentales” de 3º del grado de Educación primaria, cursado por unos 70-80 alumnos. La asignatura consta de 12 sesiones a lo largo del primer trimestre del curso 2015-16. El objetivo de la asignatura es que los futuros maestros construyan los modelos científicos clave, promoviéndose la discusión en grupo en el laboratorio, en una cultura de aula que motiva a averiguar e interpretar fenómenos. Para organizar esta enseñanza, definimos y usamos un ciclo instruccional de modelización que consta de seis fases (Figura 1), el cual está basado en la literatura sobre secuencias de enseñanza de modelización (Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, & Zhan, 2011; Hernández, Couso, & Pintó, 2015; Schwarz et al., 2009) pero que a diferencia de éstas, distinguimos entre la secuencia instruccional y el objetivo didáctico.

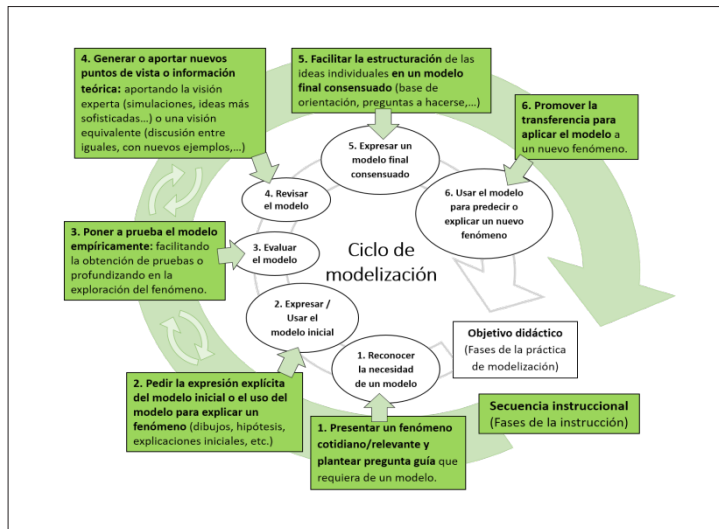


Fig. 1. Ciclo de modelización propuesto (Garrido Espeja, 2016) y usado en la formación.

METODOLOGÍA

Con el objetivo de realizar la investigación en el emplazamiento natural y conocer así los procesos de modelización mientras se están produciendo, realizamos y analizamos grabaciones de audio y vídeo de las discusiones en pequeño grupo. En concreto, se siguió a dos grupos con un total de nueve alumnos, codificados con una letra y número: Grupo 1 (C11-C15) y Grupo 2 (B21-B24).

A continuación, se codificaron los datos recogidos según tres dimensiones:

- 1) la *práctica de modelización* en la que participa el alumnado (categorías inspiradas en la literatura de modelización: usar, expresar, evaluar o revisar el modelo);
- 2) la *versión del modelo* en la que se encontraba (categorías inferidas de los datos: niveles 1-4 según el grado de complejidad del modelo), y
- 3) el *mecanismo de influencia didáctica* que daba lugar a una actividad de modelización, es decir, a un inicio de práctica de modelización o a un cambio en el nivel del modelo de los alumnos (categorías inferidas de los datos y modificadas iterativamente: lista de 16 mecanismos).

Por otro lado, se identificó al responsable de estos mecanismos: la propia tarea requerida (*Tarea*), el profesorado interviniendo en la discusión (*Prof*) o el propio alumnado con sus aportaciones (*Alum*). Además, los mecanismos se clasificaron según el tipo de práctica de modelización que podían promover (general, de uso/expresión del modelo, de evaluación y de revisión).

Posteriormente, se contabilizó el número de veces que cada mecanismo había iniciado una actividad de modelización y se calculó el porcentaje según el tipo de mecanismo y el responsable.

Finalmente, se realizó un análisis de tipo cualitativo-interpretativo, seleccionando los episodios donde se daban los mecanismos más abundantes y representando las tres dimensiones analizadas en un solo gráfico que nos permitiera identificar la evolución simultánea de estos aspectos a lo largo de la discusión (Figura 3).

RESULTADOS

1. Mecanismos de influencia didáctica más habituales

En primer lugar, observamos que se dan una gran variedad de mecanismos de influencia didáctica (Tabla 1). La mayoría de éstos son de revisión (9 de 16 mecanismos), lo cual nos indica que los futuros maestros necesitan de más mecanismos para revisar sus modelos que para realizar otras prácticas de modelización como el uso o la expresión de éstos.

En cuanto al tipo de mecanismos promovidos por cada responsable (la tarea, el profesorado y el alumnado), se observa claras diferencias entre unos y otros. Tal y como muestra la Figura 2, la tarea promueve sobre todo en mecanismos que promueven el uso y la expresión del modelo (49%), como la “Demanda de usar el modelo”. En cambio, el profesorado muestra ser un gran agente de revisión (70%), lo que nos indica que usa mecanismos que probablemente ayuden al alumnado a modificar sus modelos, tales como la “Introducción de ideas nuevas” y el “Análisis de la completitud del modelo”. Por último, el alumnado realiza sobretodo mecanismos de evaluación del modelo (46%), tales como “pedir o aportar otros datos”; y en segundo lugar de revisión de éste (40%), como “pedir aclarar el modelo o explicación”, lo que indica que el alumnado es muy capaz de cuestionarse sus ideas en base a nuevos datos y también de promover estrategias para mejorarlas.

Tabla 1.
Mecanismos de influencia didáctica identificados.

Práctica de modelización que promueven	Mecanismos de influencia didáctica orientados a la construcción de modelos
Modelización en general	1.1. Demanda de la opinión propia 1.2. Conexión de aprendizajes
Expresar / usar modelo	2.1. Demanda de usar modelo 2.2. Demanda de expresar modelo 2.3. Resaltamiento de ideas relevantes del modelo
Evaluar modelo	3.1. Cuestionamiento del modelo 3.2. Demanda o aportación de otros datos (experiencias cotidianas, experimentos mentales o fenómenos de clase anteriores)
Revisar modelo	4.1. Promoción de la divergencia 4.2. Demanda de aclarar el modelo o explicación 4.3. Re-enfoque en el objetivo 4.4. Introducción de ideas nuevas 4.5. Uso de analogías 4.6. Comparación de expresiones del modelo 4.7. Análisis de la completitud del modelo 4.8. Promoción de la convergencia 4.9. Uso de la base de orientación

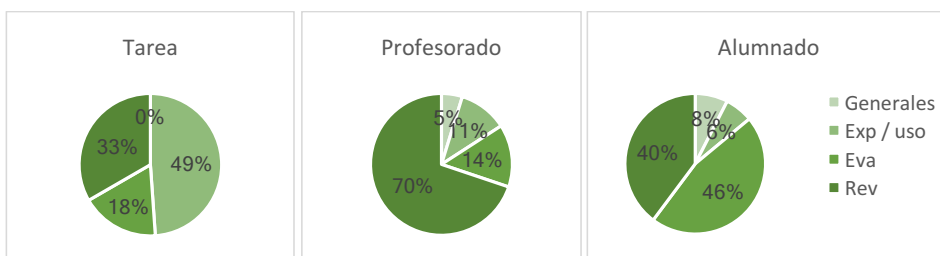


Fig. 2. Porcentaje de mecanismos de influencia didáctica de cada tipo que realiza cada responsable (tarea, profesorado y alumnado).

2. Mecanismos que promueven una modelización productiva

El análisis cualitativo de 12 episodios interesantes didácticamente nos ha permitido conocer la influencia de los mecanismos identificados. En primer lugar, se ha visto que la demanda de usar el modelo (2.1.), el mecanismo más promovido por la tarea, si se realiza en un momento clave de la secuencia, puede aportar al alumnado una “mirada nueva” hacia el fenómeno, favoreciendo la revisión y sofisticación de su modelo.

En segundo lugar, los mecanismos promovidos por el profesorado parecen ser clave para el avance del modelo de los alumnos. De hecho, se ha identificado que el mecanismo más importante para promover una actividad de modelización productiva (donde los alumnos avancen hacia versiones más sofisticadas del modelo) ha sido la introducción de ideas nuevas (4.4.), especialmente cuando el profesorado lo hace en el momento conveniente de la discusión y junto a otros mecanismos como demandar aclarar el modelo (4.2.) o analizar la completitud de éste (4.7.). Estos mecanismos permiten al alumnado darse cuenta de la falta de correspondencia de su modelo y modificarlo coherentemente, avanzando hacia versiones más complejas, incluso en modelos especialmente difíciles. Un ejemplo de ello se muestra en la figura 3, donde las alumnas del grupo 1 comienzan la discusión en un nivel 1 del modelo de flotación (color azul claro) y a medida que avanza la discusión y gracias a la intervención del profesorado (que re-enfoca en el objetivo, introduce ideas nuevas, pide a las alumnas aclarar el modelo, promueve la divergencia, etc.), van sofisticando su modelo hasta llegar a un nivel 4 (color azul oscuro).

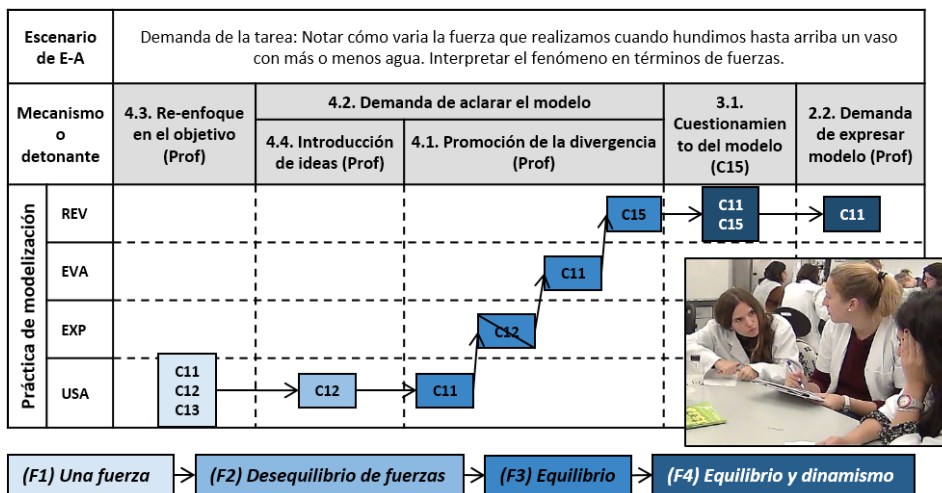


Fig. 3: Ejemplo de avance en el modelo de flotación (de nivel 1, azul claro, a nivel 4, oscuro) de las alumnas del G1 (C11-C15) gracias a los mecanismos usados por el profesor (prof).

Por último, mecanismos usados por el propio alumnado como el cuestionamiento del modelo (3.1.) o la demanda o aportación de otros datos (3.2.), promueven una práctica de modelización rica, donde se evalúa y revisa el modelo repetidamente. Aun así, esto no implica un avance hacia versiones más sofisticadas del modelo, sino que hasta puede conllevar un retroceso si los alumnos se encuentran con ciertos retos que no pueden superar por sí mismos (como limitaciones procedimentales o dificultad de interpretación de datos). Nuestros resultados muestran que estos mecanismos sólo permiten un avance del modelo si el cuestionamiento se hace desde un dominio mayor de éste (por alguna compañera) o si el profesorado aporta ideas nuevas que no se estaban teniendo en cuenta.

CONCLUSIONES

En términos generales hemos visto que una tarea especialmente diseñada (usando fenómenos paradigmáticos, trabajando las ideas del modelo en progresión, con preguntas que requieren utilizar el modelo para interpretar los resultados, etc.) permite un avance del modelo del alumnado en ciertos momentos clave. Esto nos indica la importancia del diseño a la hora de promover una situación de aula donde el alumnado pueda sofisticar su modelo de forma autónoma pero guiada y enfocada.

Por otro lado, nuestros resultados están en línea con otras investigaciones que hablan de la importancia del profesorado para ayudar a los alumnos a usar diferentes modelos y negociar sus significados (Harrison & Treagust, 2000) o que destacan las preguntas del profesorado como una influencia positiva en el proceso de aprendizaje de los alumnos (Louca et al., 2011). De manera más concreta, vemos que ciertas intervenciones del profesorado (como introducir ideas nuevas o pedir el análisis de la completitud del modelo), realizadas en el momento adecuado, son clave para el avance de la discusión hacia ideas conceptuales más complejas. Desde nuestro punto de vista, para construir ideas sofisticadas y modelos clave en ciencias, así como para entender la naturaleza del pensamiento científico, no basta con permitir que el alumnado experimente e indague con fenómenos. Si bien el uso de fenómenos paradigmáticos es un ingrediente indispensable (Adúriz-bravo & Izquierdo-aymerich, 2009), vemos que para lograr modelizar el fenómeno, es decir, entender el mecanismo que explica el fenómeno en cuestión, es necesaria la ayuda del experto que enfoca la mirada y aporta nuevas ideas que el alumnado no puede alcanzar por su cuenta.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad del gobierno español (EDU2015-66643-C2-1-P) y por el grupo de investigación TIREC (2014 SGR 942).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÚRIZ-BRAVO, A., & IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación En Educación En Ciencias*, 4(3), 40–49.
- BAEK, H., SCHWARZ, C., CHEN, J., HOKAYEM, H., & ZHAN, L. (2011). Engaging Elementary Students in Scientific Modeling: The MoDeLS 5th Grade Approach and Findings. In M. Khine & I. Saleh (Eds.), *Dynamic Modeling: Cognitive Tool for Scientific Enquiry*.
- GARRIDO ESPEJA, A. (2016). *Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científica*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- GRANDY, R., & DUSCHL, R. a. (2007). Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. *Science & Education*, 16(2), 141–166.
- HARRISON, A. G., & TREAGUST, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026.
- HERNÁNDEZ, M. I., COUSO, D., & PINTÓ, R. (2015). Analyzing Students' Learning Progressions Throughout a Teaching Sequence on Acoustic Properties of Materials with a Model-Based Inquiry Approach. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2–3), 356–377.
- IZQUIERDO-AYMERICH, M., & ADÚRIZ-BRAVO, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12, 27–43.

- KHAN, S. (2007). Model-Based Inquiries in Chemistry. *Science Education*, 91(1), 877–905.
- LAVE, J., & WENGER, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- LOUCA, L. T., ZACHARIA, Z. C., & CONSTANTINO, C. P. (2011). In Quest of productive modeling-based learning discourse in elementary school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 919–951.
- MARTÍNEZ-CHICO, M. (2013). *Formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza*. Universidad de Almería.
- NRC. (2012). *A framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- OSBORNE, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196.
- SCHWARZ, C. V., REISER, B. J., DAVIS, E. A., KENYON, L., ACHÉR, A., FORTUS, D., ... KRAJCIK, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.
- TIBERGHEN, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71–87.
- WINDSCHITL, M., THOMPSON, J., & BRAATEN, M. (2008). How Novice Science Teachers Appropriate Epistemic Discourses Around Model-Based Inquiry for Use in Classrooms. *Cognition and Instruction*, 26(3), 310–378.

