

ANÁLISIS DEL PROCESO DE MODELIZACIÓN DE LA DINÁMICA DE UNA CUENCA HIDROGEOLÓGICA: ESTUDIO DE LAS INTERACCIONES CON UNA MAQUETA

Maria Roser Nebot
Grupo LIEC, UAB
Institut Manuel Blanchfort
mrnebot@gmail.com

Conxita Márquez
Departamento de Didáctica de las Ciencias, UAB - Grupo LIEC, UAB

RESUMEN: En esta investigación se analiza qué sucede al implementar una actividad de modelización sobre la dinámica de una cuenca hidrogeológica, en un grupo de alumnos de segundo de Bachillerato, utilizando una maqueta. Se analizan las potencialidades y debilidades de la maqueta en el proceso de modelización y qué situaciones favorecen que el alumnado sea capaz de transferir o aplicar conocimientos al interpretar científicamente la maqueta. También se observa cómo la maqueta ayuda a establecer una conexión con el mundo real cuando los alumnos aplican lo que están aprendiendo en la interpretación de los hechos que conocen o aprenden. Los resultados preliminares han mostrado patrones en el proceso de modelización y algunas situaciones que favorecen transferencia. Observadas y analizadas las debilidades del trabajo con la maqueta, se han hecho propuestas para completar el estudio.

PALABRAS CLAVE: Cuenca hidrogeológica, maqueta, modelización, transferencia de conocimientos.

OBJETIVOS

- Analizar las fases del proceso de modelización de la dinámica de una cuenca hidrogeológica, así como de los conceptos relacionados con el balance hidrogeológico.
- Identificar las situaciones en que se produce transferencia de conocimientos, aplicados tanto a la maqueta como en la relación entre la maqueta y el sistema de referencia (la cuenca hidrogeológica).
- Identificar las situaciones en que se produce transferencia de conocimientos aplicados a la interpretación de otros fenómenos naturales, que los alumnos conocen o aprenden.
- Analizar las potencialidades y limitaciones de la maqueta en el proceso de modelización y de transferencia de conocimientos.

MARCO TEÓRICO

La concepción de la actividad científica escolar como práctica teórica busca que el estudiante conecte su actividad manipulativa y experimental (*práctica*) con la teoría y con las formas de hablar (Izquierdo y Aliberas, 2004), pero este objetivo, que a priori parece sencillo, encuentra múltiples dificultades. Parece que la realización de trabajos prácticos debería ser imprescindible en el estudio de las Ciencias Experimentales, pero si analizamos la situación en las aulas descubrimos que en muchas ocasiones o no se realizan o se reducen a observar y comprobar afirmaciones. Las razones que se aducen son diversas: una gestión más compleja del aula, la necesidad de proveerse del material necesario, el hecho de que algunos profesores piensan que hace falta dedicarles más tiempo que a una sesión teórica para obtener *el mismo resultado*, con la consiguiente sensación de que *se pierde el tiempo*. Esta sensación se produce porque con mucha frecuencia estas sesiones son mucho menos productivas de lo que el profesorado esperaba (Hodson, 1990).

Una de las críticas que se hacen a las actividades prácticas es que, incluso cuando los alumnos participan de alguna manera en su preparación o están planteadas totalmente o en parte como investigaciones, los alumnos perciben el laboratorio como un sitio donde *se hacen cosas*, pero sin llegar a ver la conexión entre lo que hacen y la teoría, ni el lugar que ocupa el trabajo que se hace en el laboratorio dentro del contexto de los trabajos científicos (Tamir, 1991).

De las distintas actividades prácticas, en esta investigación nos hemos centrado en aquellas en que se usan maquetas, concretamente una maqueta de una cuenca hidrogeológica, que los alumnos construyen usando de base una garrafa de agua vacía en la que se introducen capas de grava, arena y tierra vegetal, dejando una zona sólo con grava, que más tarde, cuando se riegue, se llenará de agua formando un lago o un río (Nebot, 2007). La maqueta también tiene un pequeño tubo que simula un pozo y una planta tapada con papel film, que servirá para estudiar la transpiración. En este caso se trata de una maqueta dinámica (Gilbert y Ireton, 2003), ya que se puede manipular simulando cambios, por ejemplo se puede simular la lluvia y ver cómo el agua se infiltra, forma agua subterráneas, llena en parte un pozo y forma un lago, todos con el mismo nivel de agua, con el mismo nivel freático. También se puede salinizar y/o acidificar el lago y estudiar los efectos en el pozo. Estos modelos materiales son entidades físicas que representan una parte del mundo (el sistema de referencia) (Frigg y Hartmann, 2006) y, en algunas ocasiones, cómo en el caso que nos ocupa, de los fenómenos que se producen (evaporación, transpiración, condensación, infiltración, flujo subterráneo, salinización, etc). La utilización de la maqueta facilita la interacción entre los alumnos y el profesorado al manipular y hablar sobre lo que se hace y observa, y favorece el uso y evaluación de pruebas que fundamentan mejor la interpretación de los fenómenos.

El trabajo se centra en el estudio de las interacciones que se producen en el aula en relación a la maqueta. Interacciones que se manifiestan en la participación de los alumnos y la profesora en el proceso de modelización y se producen entre ellos y con la maqueta a lo largo de una secuencia didáctica que dura entre dos y tres semanas y que permite establecer y validar relaciones con el mundo real y el mundo de los modelos teóricos, ya que facilita la observación de fenómenos y promueve la inferencia y génesis de modelos teóricos (Gómez, Pujol y Sanmartí, 2006), ya que que permite discutir sobre los aspectos observados y las variables más relevantes y, en este caso, incluso, simular cambios. La maqueta de la cuenca hidrogeológica representa partes del sistema de referencia (el lago, el acuífero, el cielo, la nubes, las rocas, la vegetación) y nos permite observar fenómenos (condensación, infiltración) e interactuar con ella (regamos, extraemos agua, ponemos el montaje al sol o a la sombra). Mediante esta interacción constante de los alumnos y el profesorado con la maqueta, se llegan a comprender e interiorizar los fenómenos que se producen en el sistema cuenca y se puede llegar a generalizaciones

que permitirán hacer predicciones. De esta manera se puede interpretar el mundo, ya que se establece la conexión entre los fenómenos naturales y el modelo científico.

El uso de la maqueta favorece que los estudiantes vayan modelizando la visión de cuenca hidrogeológica, acomodando, modificando e interrelacionando ideas y conceptos que ya tienen. La maqueta se puede considerar un contexto en el que el alumnado puede activar conocimientos aprendidos en momentos diversos e incluso en asignaturas diferentes e interrelacionarlos para explicar su funcionamiento. Este proceso de activación recibe el nombre de transferencia (Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011) y es una culminación del proceso de modelización. Es por ello que resulta crucial detectar qué aspectos del trabajo con la maqueta lo favorecen y en qué aspectos la maqueta presenta debilidades y es necesario utilizar actividades complementarias para favorecer la modelización de determinados fenómenos.

Un modelo material es un modelo analógico por naturaleza y su utilización comporta ventajas y problemas similares a los que presenta el uso de analogías verbales (Gilbert y Ireton, 2003). Por ello, en el trabajo se han analizado las potencialidades y limitaciones del uso de la maqueta, tanto en el proceso de modelización como en la activación de transferencia de conocimiento.

METODOLOGÍA

Participantes

La actividad analizada se ha realizado en tres cursos consecutivos (2009-10, 2010-11 y 2011-12) con alumnos de la asignatura optativa de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente de segundo de Bachillerato del Instituto *Manuel Blancafort* de la Garriga, un municipio de unos 15.000 habitantes de la provincia de Barcelona.

Instrumento de análisis

Para diseñar el instrumento de análisis en primera instancia se plantearon las posibles interrelaciones entre el modelo científico, el modelo material (analógico), el sistema de referencia y los hechos del mundo. A partir de la revisión bibliográfica, se comprobó que la gestión de la práctica estudiada tenía similitudes con el *Modelo Didáctico Analógico (MDA)*, definido por Adúriz et al. (2001). Se comparó el MDA con las actividades analizadas y se diseñó una tabla para la recogida de datos, en la que los momentos didácticos de la actividad se sitúan en las columnas y las intervenciones de los alumnos y la profesora se encuentran, secuenciados, en las filas (figura 1). A la izquierda se recogen las conversaciones entre los alumnos y la profesora.

	1.-Gestión maqueta	2.-Observaciones maqueta	3-Connexión conceptual	4.-Connexión Mundo.
Fragmento 1: conversación				
Fragmento 2				
Fragmento 3				

Fig. 1. Organización del instrumento de análisis

La primera columna, *de color azul*, está relacionada con la construcción y la manipulación de la maqueta (*1.-Gestión de la maqueta*). La columna de color verde corresponde a la observación de fenómenos en la maqueta (*2.-Observaciones maqueta*), cómo puede ser la observación que se ha producido más condensación en los montajes que estaban al sol que en los que estaban a la sombra o si el agua de la lluvia llega al pozo. La columna de color marrón rojizo corresponde a la *Connexión Conceptual* (*3*), en qué los alumnos procesan la información científica y le encuentran significado; pueden explicar, por ejemplo, por qué se ha producido la condensación y a qué son debidas las diferencias entre los montajes que se colocaron al sol y los que estaban en la sombra o hacer predicciones. También se busca consenso entre los alumnos y la profesora y se ponen en común los conceptos fundamentales (infiltración, nivel freático, evaporación, transpiración, condensación). Se conceptualiza sobre las observaciones de la maqueta por observación directa o por transferencia de conocimiento. Por último, la columna de color naranja corresponde a la *Connexión con el mundo* (*4*), ya que se hace una transferencia de conocimientos cuando los estudiantes utilizan lo que han aprendido para interpretar hechos del mundo o para comparar partes del montaje con su referente. En esta fase se puede analizar la idoneidad de la maqueta y sus limitaciones.

De esta manera se visualiza en qué *momento* se encuentra la conversación, ya que se indica del color correspondiente en las casillas, como se observa en la figura 2. Dentro de las celdas se indica en la primera columna si las decisiones y actuaciones vienen determinadas por el diseño (DD) o provienen de aportaciones de los alumnos (DA). En la segunda columna se indica si se trata de observaciones directas hechas por los alumnos (A) o por la profesora (P), en la conexión conceptual se indica si la conceptualización emerge de la observación directa de la maqueta (M) y si se produce transferencia de conocimiento en la explicación, ya que la conceptualización se produce en base a conocimientos anteriores (T). Por último, en la conexión con el mundo, se indica si se relaciona la maqueta con el sistema de referencia (R) o se produce transferencia de conocimiento en la explicación de otros fenómenos naturales, que los alumnos conocen o aprenden (T).

Así, cada celda nos da información, no sólo sobre el *momento* didáctico, sino también sobre el tipo de intervención que se está produciendo, como se observa en la Figura 2.

	1. Gestión maqueta	2. Observaciones maqueta	3.-Connexión conceptual	4. Connexion Mundo.
1				
2	A1. – Mi duda era, si estamos haciendo ver que llueve, ¿no llovería también en el lago?. P.- Muy buena pregunta. A1. – ¿O en el pozo?. P. – En el pozo sí. A1. – ¡Ah!, ¿puedo regar en el pozo? P. – Puedes regar en el pozo, sí. Tiene razón A1 porqué claro, en el pozo también llueve. Quiere decir que no sólo llueve en la tierra y en el lago también llovería. (La profesora no quiere que rieguen el lago para que observen el flujo subterráneo).	DD/DA	R	
3	A2.- Ya lo tiene (el lago). P. – Mira, mira que lago tiene A1. A1.– Y el pozo tiene <i>impurezas</i> . P. – ¿Y el pozo tiene impurezas? ¿Qué significa? A1. – Que tiene arena por aquí.	A/P		
4	P. – Ahora mirad el <i>nivel del pozo</i> como es respecto al <i>nivell del lago</i> . A1. – Igual. P. – Igual, tiene que ser igual. A1. – Hay presión atmosférica en los dos lados y debería subir hasta la misma altura.	A/P	T	
5				

Fig. 2. Instrumento de análisis. Análisis parcial de una secuencia

RESULTADOS PRELIMINARES

Para analizar los resultados se utilizan, además del instrumento descrito, gráficas para visualizar mejor la proporción relativa de los Momentos Didácticos a lo largo de la actividad.

Los resultados han permitido observar las fases del proceso de modelización de los fenómenos estudiados en la maqueta y como, mediante la observación de la maqueta y procesos de transferencia de conocimiento, se va construyendo el modelo de cuenca hidrogeológica y relacionando la maqueta con su sistema de referencia.

En la exposición oral se mostrarán ejemplos del análisis en que se detallará el proceso.

CONCLUSIONES

Se han analizado por completo las actividades del primer curso y se han transcritto totalmente y analizado parcialmente las del segundo curso. También se han observado todas las grabaciones de video y audio del tercer curso.

Se ha llegado a la conclusión que la maqueta es un buen contexto para promover y observar el proceso de modelización. Los alumnos empiezan conceptualizando sobre aspectos concretos de la maqueta de una manera espontánea, para pasar posteriormente a interpretar los procesos que observan en la maqueta aplicando sus conocimientos científicos. Es en esta fase en la que se producen un primer nivel de transferencia al interpretar científicamente el funcionamiento de la maqueta. El segundo nivel de transferencia se da en aquellas ocasiones, en que hay conexión con el mundo real, cuando los alumnos relacionan la maqueta con la cuenca hidrogeológica o aplican lo que están aprendiendo en la interpretación de fenómenos naturales que conocen o han aprendido.

Las conclusiones se han obtenido con número de participantes muy reducido, y sólo se analiza una secuencia didáctica, pero los resultados de su aplicación en tres cursos consecutivos (2009-10, 2010-11 y 2011-12) son similares y concuerdan con las ideas encontradas en el marco teórico.

AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada en el marco del grupo LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències), grupo de investigación consolidado (referencia 2009SGR1543) por AGAUR (Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca) y financiada por la Dirección General de Investigación, Ministerio de Educación y Ciencia (referencia EDU2009-13890-C02-02 y EDU2012-38022-C02-02)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adúriz-Bravo, A., Garófalo, J., Greco, M., & Galagovsky, L. (2005). Modelo didáctico analógico: marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. VII Congreso, 1-6.
- Galagovsky, L., & 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.
- Gilbert, S.W., & Ireton, S.W. (2003). *Understanding models in Earth and Space Science*. Arlington, VA: NSTA press.
- Gómez, A., Pujol, R. M., & Sanmartí, N. (2006). Pensar, actuar y hablar sobre los seres vivos alrededor de una maqueta. *Alambique*, 47, 48-55.
- Frigg, R., & Hartmann, S. (2009). Models in Science. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Summer 2009 Edition.
- Izquierdo, M., & Aliberas, J. (2004) *Pensar, actuar i parlar a classe de Ciències. Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Universitat Autònoma de Barcelona. Servei de Publicacions. Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. Àrea de Didàctica de les Ciències Experimentals.
- Nebot, MR. (2010). *Anàlisi de les interaccions verbals en un treball pràctic amb un model analògic d'una conca hidrogeològica*. Trabajo de fin de Màster. Màster d'iniciació a la recerca en Didàctica de les Matemàtiques i les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona. Último acceso el 18 de marzo de 2012, desde <http://www-test.uab.es/servlet/Satellite/recerca/BlobServer?blobtable=Document&blobcol=urldocument&blobheader=application/pdf&blobkey=id&blobwhere=1300118>.
- Nebot, MR (2007). El ciclo del agua en una garrafa. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. AEPE-CT. Monogràfico: Las agua subterráneas*, 15(3), 333-340. Último acceso el 18 de marzo de 2012, desde:<http://www.raco.cat/index.php/ect/article/viewFile/121425/167875>.
- Oliva, J.M., Aragón, M.M., Mateo, J., & Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 453-470.
- Sanmartí, N., Burgoa, B., & Nuño, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique*, 67, 62-70.
- Tamir, P., & Woolnough, B (ed). (1991). *Practical Science. Practical work in school science: an analysis of current practice*, 13-20. Open University Press. Milton Keynes.