

DISEÑO DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA SOBRE HIDROSTÁTICA, TEÓRICAMENTE FUNDAMENTADA: EL PAPEL DE LA MODELIZACIÓN Y DE LA EMOCIÓN

Joan Aliberas, Mercè Izquierdo, Rufina Gutierrez
Universidad Autónoma de Barcelona. España
jalibera@xtec.cat, Merce.Izquierdo@uab.cat, rufina.gutierrez@uab.cat

RESUMEN: Analizamos la estructura y la dinámica interna de una secuencia didáctica teóricamente fundamentada. La secuencia se realizó sobre hidrostática elemental, para 4º curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) en España (alumnos de 15-16 años). La secuencia, que incluye experimentación con sistemas físicos, se diseñó con la intención de facilitar «Conversaciones» (según el uso técnico de Pask, 1975), en clase para ayudar a los alumnos a construir y reconstruir sus modelos mentales de una serie de sistemas, hasta llegar a construir los modelos científicos adecuados a su nivel y generalizarlos a otros sistemas. La secuencia ha sido utilizada en clase durante años por diversos profesores con buen rendimiento e interés de los alumnos. Los resultados del análisis muestran el entramado de sistemas propuestos para ser estudiados, el carácter de sus relaciones, los modelos científicos que se construyen y aplican, las insatisfacciones o estados emocionales negativos, que se espera crear en el alumnado, así como las vías previstas para su resolución.

PALABRAS CLAVE: modelo de *Actividad Científica Escolar*, modelo *ONEPSI*, diseño de secuencias didácticas, modelos mentales, emoción

OBJETIVO

Esta investigación, que es parte de otra más extensa (Aliberas, 2012), se basa en el análisis de una secuencia didáctica que ha dado buenos resultados en clase. Se trata de concretar cuáles de sus características la hacen didácticamente productiva.

MARCO TEÓRICO

A pesar de la abundante literatura sobre elaboración de secuencias didácticas, parecen constatarse dificultades para su adecuada fundamentación: la limitada trascendencia práctica de las bases teóricas utilizadas (Lijnse y Klaassen, 2004), la necesidad de teorías didácticas específicas para cada tema (Viiri y Savinainen, 2008) y de otras teorías que permitan conocer más a fondo los procesos psicológicos del

aprendizaje (Clement, 2000) e incorporar en dicho proceso el importante aspecto afectivo (Zembylas, 2005). Por todo ello hemos intentado seleccionar cuidadosamente un marco teórico que nos permita avanzar en la resolución de estos problemas.

Dado que una secuencia didáctica puede concebirse como un puente entre el conocimiento científico y el alumno, consideramos que es necesario:

1. Disponer de una concepción de la actividad científica ajustada a la realidad, no ingenua, y tratar de poner dicha actividad al alcance de los alumnos. Para ello utilizamos el modelo de *Actividad Científica Escolar* (ACE).
2. Describir los procesos mentales que los alumnos utilizan para conseguir comprender el mundo y para interaccionar con éxito con él. Para ello utilizamos el modelo ONEPSI.

El modelo de ACE (Izquierdo *et al.*, 1999; Izquierdo y Aliberas, 2004) concibe la ciencia como una actividad humana que es posible poner al alcance de los intereses y capacidades del alumnado en un entorno escolar. Se propone que el alumnado no sólo comprenda el mundo, sino que también pueda actuar eficazmente sobre él, de acuerdo a valores. Se trata de construir un conocimiento de ciertos aspectos de la realidad y sólo hasta cierto grado (racionalidad moderada), no de una verdad absoluta, dando lugar a un realismo moderado (no ingenuo); y como método no utiliza únicamente razonamiento lógico sino también acciones en múltiples dimensiones, irreductibles entre sí, pero interconectadas: empíricas, tecnológicas, cognitivas, emocionales, lingüísticas, estratégicas, sociales...

El modelo ONEPSI (Gutierrez, 1994; Gutierrez, 2001) describe el proceso cognitivo y emocional seguido, por ejemplo, por un alumno para construir y reconstruir su modelo mental de un sistema, modelo mediante el cual trata de comprender la dinámica del sistema y de realizar explicaciones y predicciones correctas acerca de su comportamiento. Cada vez que un alumno percibe *insatisfacción* (una sensación tanto racional como emocional) con su modelo mental de un sistema, lo reconstruye hasta conseguir que dicho modelo sea *coherente* con el Principio Causal, *correspondiente* con el funcionamiento real del sistema, y *robusto*, al permitir explicar comportamientos imprevistos del sistema o de otros sistemas semejantes.

METODOLOGÍA

La metodología que se refleja en la unidad didáctica utilizada en esta investigación es el resultado de repetidas interacciones entre el marco teórico y los resultados de la aplicación de ese mismo marco teórico en el análisis de la secuencia, en un proceso reiterado de encaje mutuo. El procedimiento de análisis consiste en la realización de los siguientes pasos para cada una de las preguntas de la secuencia:

1. Especificar el sistema al que la pregunta se refiere y el modelo mental que se espera que cada alumno llegue a construir para comprenderlo.
2. Concretar a partir de qué otros sistemas y conocimientos el alumno puede obtener recursos para elaborar su modelo mental.
3. Asegurar que es posible elaborar la respuesta a la pregunta planteada, a base de ejecutar el modelo mental construido.
4. Establecer posibles enunciados generales que podrían formularse legítimamente a partir de la respuesta dada.
5. Valorar el resultado emocional al producir la respuesta esperada, especificando si el modelo mental usado es *satisfactorio* (*coherente*, *correspondiente* y *robusto*) o no.
6. En el caso de perverse una respuesta insatisfactoria por algún motivo, asegurar que se prevén acciones para solucionarlo.

RESULTADOS

Una vez analizadas todas las preguntas de la secuencia se han construido tablas como la tabla 2, donde se sintetiza el análisis anterior y aparece la ruta que previsiblemente deberán recorrer los alumnos, en su aprendizaje, a través de los sistemas que se les proponen (tabla 1).

Tabla 1.
Sistemas estudiados en la parte de la secuencia analizada en la tabla 2

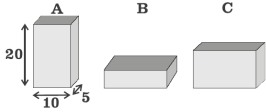

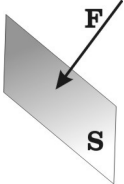



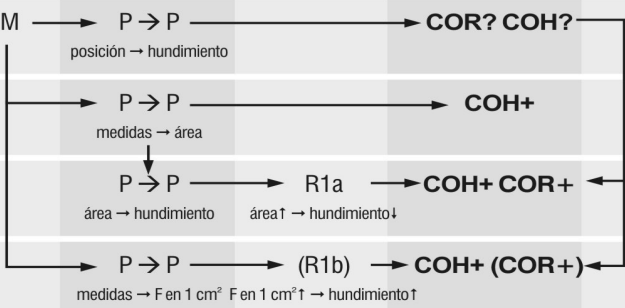
<p>S1: ladrillo sobre la nieve</p> 	<p>S2: mano y arcilla</p> 	<p>S3 (genérico)</p> 	<p>S4: lecho de clavos</p> 
<p>S5: Mano y chincheta</p>	<p>S6: 1 m³ y 1 dm³ de agua</p> 	<p>S7: una hormiga que ha multiplicado por 10 sus dimensiones</p> 	

Tabla 2.

Ejercicio	Sistema	Referentes	Modelo mental	Elaboración respuesta	Conclusión	Satisfacción	Resolución
32c	S1 ladrillo, nieve		M	P → P posición → hundimiento		COR? COH?	
33a				P → P medidas → área		COH+	
b				P → P área → hundimiento	R1a área↑ → hundimiento↓	COH+ COR+	
c				P → P medidas → F en 1 cm ² F en 1 cm ² ↑ → hundimiento↑	(R1b)	COH+ (COR+)	
33d	S2 mano, arcilla	S1, R1b	M	P → P medidas → hundimiento		ROB+	

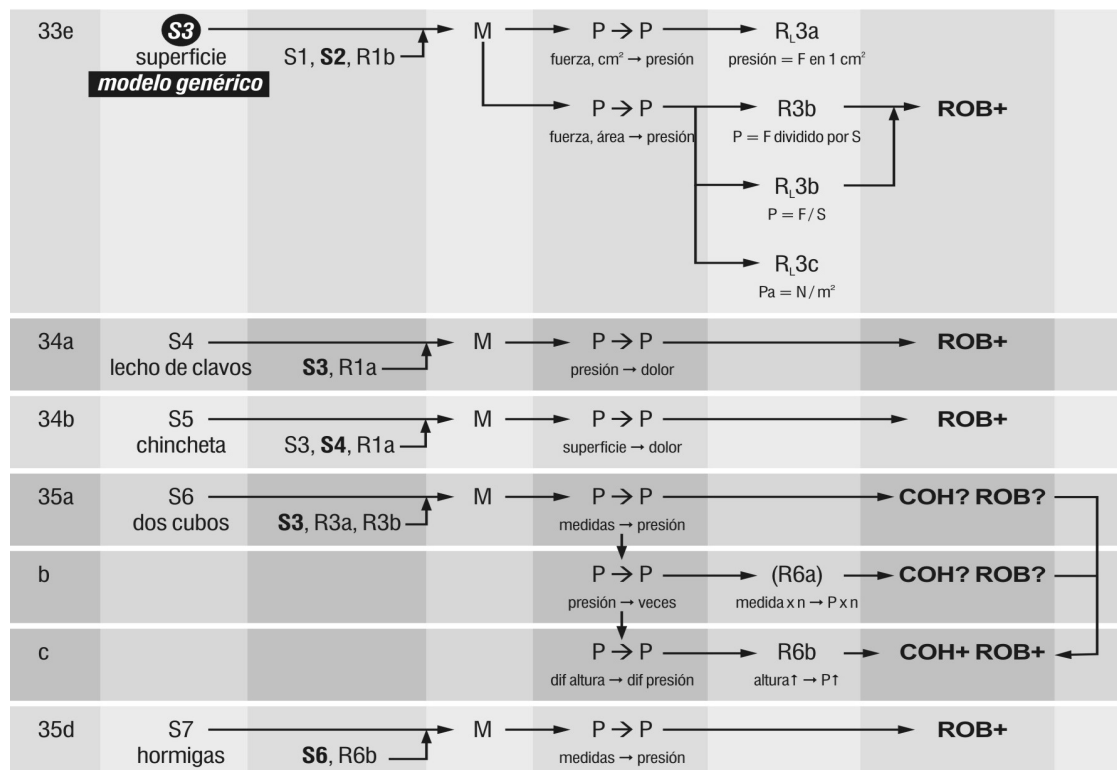


Tabla 2. Síntesis del análisis de una parte de la secuencia. Partiendo de la pregunta formulada en un *Ejercicio* y de la descripción de un *Sistema* (S1, S2...), se cuenta con la posibilidad de utilizar sistema y reglas recientes como *Referentes* para construir el *Modelo mental* de dicho sistema. La ejecución de dicho modelo mental sirve para la *Elaboración de la respuesta*, a partir de la cual en algunos casos puede llegarse a una *Conclusión* generalizable (en forma de reglas: R1a, R1b...) que hay que preservar. En el proceso se genera un determinado estado emocional de *Satisfacción* (si es *coherente* COH+, *correspondiente* COR+ y *robusto* ROB+), de insatisfacción (respectivamente COH-, COR- y ROB-) o que dependerá de las respuestas imprevisibles de los alumnos (COH? COR? ROB?). Finalmente, los problemas previsibles deben llegar a su *Resolución* en algún momento próximo, que se concreta mediante flechas. Los sistemas *genéricos* se representan con su código en fondo negro.

El resultado final ha sido una secuencia en la que aparecen 39 sistemas, 11 de los cuales son de carácter *genérico* (Nersessian, 2008), como el sistema S3 de las tablas 1 y 2. Los sistemas genéricos se caracterizan por dejar sin precisar algunas de sus propiedades mientras otras se utilizan para construir el modelo mental. El funcionamiento de estos modelos genéricos es generalizable, por lo tanto, a sistemas muy distintos, lo que asegura su *robustez*.

Se han previsto un total de 105 evaluaciones de los modelos mentales construidos, 75 de las cuales se prevén satisfactorias y 4 insatisfactorias, mientras que en los 23 casos restantes el resultado dependerá de las respuestas de los alumnos. Es por ello que se prevén caminos de resolución para los 27 casos en los que pueden esperarse dificultades. En la figura 1 se visualiza el entramado de sistemas que aparecen en la secuencia elaborada, donde se pone de manifiesto que el modelo mental que se quiere construir para un sistema puede aprovecharse de los ya construidos para sistemas anteriores.

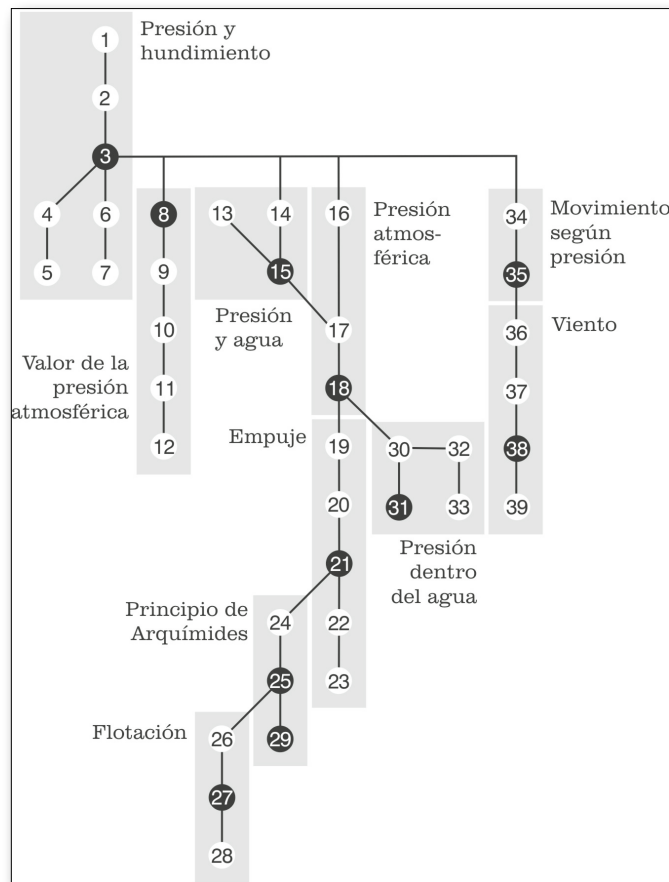


Fig. 1. Los sistemas propuestos en la secuencia completa, numerados por orden de aparición. Las líneas conectan cada modelo con su referente principal, que es un modelo situado por encima, para hacer posible la construcción del modelo mental esperado. Se indican con fondo negro los códigos de los sistemas genéricos. Las zonas grises agrupan aquellos modelos mentales que al tener como central un mismo modelo genérico, comparten cierto aire de familia o de semejanza, descrito brevemente con las etiquetas que aparecen adosadas a cada una.

A lo largo de la secuencia se ha elaborado conocimiento recogido en las 24 reglas o regularidades compatibles con el modelo científicamente aceptado que se trata de enseñar: 18 sobre el comportamiento de los sistemas genéricos, otras 2 redundantes con las anteriores y 4 de lenguaje.

CONCLUSIONES

Las características de la secuencia que la hacen didácticamente productiva son principalmente las siguientes:

- Centrar la atención del alumnado en una serie de sistemas para los que debe establecer su funcionamiento.
- Asegurar un orden de presentación adecuado para que la construcción del modelo mental de un sistema pueda basarse en los ya construidos para otros sistemas, de los que pueden obtenerse entidades, propiedades o reglas de funcionamiento.

- Formular preguntas que hagan necesaria la ejecución del correspondiente modelo mental con el fin de realizar las inferencias precisas para poder formular la respuesta adecuada.
- Prever la acumulación de sistemas con semejanzas suficientes como para permitir la construcción de modelos mentales genéricos, que componen el modelo científico que se trata de enseñar.
- Formular y escribir con precisión el conocimiento elaborado.
- Valorar el grado de satisfacción con los modelos que previsiblemente construyan los alumnos (coherencia, correspondencia y robustez).
- Prever rutas de resolución para los modelos mentales previsiblemente insatisfactorios.
- Establecer mecanismos de regulación (*conversaciones teachback*, trabajo en equipo, etc.) para ayudar al alumnado a salvar las dificultades inesperadas, previsiblemente de poca gravedad, que puedan surgir en el proceso.

Todas estas operaciones son compatibles tanto con el modelo ONEPSI (llevando al alumno a construir y reconstruir sus modelos mentales) como con el modelo ACE (haciéndole realizar acciones con sentido en todas las dimensiones de la actividad científica escolar).

También hay que destacar que los procesos racionales y emocionales previstos se han cumplido con gran aproximación cuando un alumno ha seguido la secuencia (Aliberas, 2012).

Una vez enumeradas, las características que hacen productiva una secuencia pueden ser útiles en el diseño, de forma teóricamente fundamentada, de nuevas secuencias para otros temas y niveles. Profundizar en esta línea de investigación puede contribuir a ir avanzando en la resolución de los problemas constatados al principio de este trabajo en relación con el diseño de secuencias.

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, Universitat Autònoma de Barcelona: <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostratRef.do?ref=1003776>
- Clement, J.J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22 (9) 1041- 1053.
- Gutierrez, R. (1994). *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense: <http://eprints.ucm.es/tesis/19911996/S/5/S5006201.pdf>
- Gutierrez, R. (2001). Mental models and the fine structure of conceptual change. En: Pintó, R. and Suriñach, S. (Eds.) *Physics Teacher Education Beyond 2000*, Paris: Elsevier, p. 35-44.
- Izquierdo, M., Espinet, M., Garcia, M.P., Pujol, R.M. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra: «Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias», p. 79-91.
- Izquierdo, M. i Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències. Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Barcelona: Servei de Publicacions de la UAB.
- Lijnse, P. and Klaassen, K. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26, 5, 537-554.
- Nersessian, N.J. (2008). Mental modeling in conceptual change. En: Vosniadou, S. (ed.) *Handbook of Conceptual Change*. London: Routledge.
- Pask, G. (1975). *Conversation, Cognition and Learning*. Amsterdam, Holland: Elsevier.
- Viiri, J. and Savinainen, A. (2008). Teaching-learning sequences: A comparison of learning demand analysis and educational reconstruction. *Latin American Journal of Physics Education*, Vol. 2, No. 2, 80-86.

Zembylas, M. (2005). Three perspectives on linking the cognitive and the emotional in science learning: Conceptual change, socio-constructivism and poststructuralism. *Studies in Science Education*, 41 (1), 91-116.

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 (referencias EDU-2009-13890-C02-02 y EDU-2012-38022-C02-02)