

¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista?

Carles Furió Más¹ y Cristina Furió Gómez²

ABSTRACT (How to design a science teaching sequence from a socio-constructivist approach?)

This conference aims to show how the results of research in science teaching can be used by teachers in the design and development of a sequence of learning from a socio-constructivist view. Based on the training needs of the teacher to successfully face the challenges of teaching, teachers have to develop four skills in the design of a teaching sequence: the history and epistemology of the concepts and theories taught and, in particular, major problems in its construction; namely the sequencing of objectives and appropriate content to the student's psychological problems, in the form of interest; determine the specific knowledge and skills students should acquire in relation to the contents and understand their key difficulties; finally find a teaching model selection to derive coherent strategies that facilitate learning. In the talk has been applied the model of teaching-learning based on developing guided research focused on the design of a sequence of teaching on the atomic theory of matter for high school students.

KEY WORDS: teaching sequences, design, teacher competences, atomic theory, secondary education.

Introducción

Es conocido por todos que una de las primeras competencias que ha de adquirir el profesor de Ciencias es diseñar su enseñanza imaginando lo que puede suceder en el proceso de aprendizaje. Esta preparación preactiva de la clase requerirá elaborar materiales didácticos que faciliten el desarrollo del proceso educativo que se ha pensado y que permita evaluar si los estudiantes han logrado aprender los objetivos y contenidos científicos diseñados en la enseñanza. En esta conferencia trataremos de mostrar cómo la investigación en didáctica de las ciencias puede facilitar esta tarea de preparación e implementación de la secuencia de enseñanza de una unidad didáctica de Ciencias en la educación secundaria o en la universitaria.

También sabemos que el profesorado de Ciencias y la investigación educativa viven en dos mundos separados, no interconectados. Por una parte, está el mundo de los 'realizadores de la enseñanza', es decir el de los profesores a pie de aula y, por otra, el de los 'teóricos de la enseñanza', que son investigadores a los que la administración educativa suele encargar el diseño de un nuevo currículum en cualquier reforma educativa. Los principales obstáculos surgen a la hora de implementar por el profesorado una innovación curricular que ha

sido fundamentada y diseñada por investigadores. Estos obstáculos son debidos precisamente a esta desconexión teoría-práctica (Furió-Más, Solbes y Furió-Gómez, 2008). Un antecedente de la existencia de este *gap* teoría-práctica ya fue diagnosticado hace más de 20 años en el informe crítico que realizaron las investigadoras Blackburn y Moissan (1986) sobre la formación inicial del profesorado de educación primaria y secundaria en los 12 países que entonces conformaban la Comunidad Europea.

Sin embargo, hay algo en lo que profesores e investigadores en la enseñanza de las Ciencias estamos de acuerdo: asumimos que la Ciencia ha mostrado ser un medio muy potente para resolver problemas de la vida real y que la investigación científica es una actividad que habitualmente propone estrategias para solucionar estos problemas. En consecuencia, si aceptamos que los profesores tenemos problemas en el proceso de enseñanza de las Ciencias, ¿por qué no acercarnos a la investigación realizada por la didáctica de las Ciencias para intentar resolverlos? Al mismo tiempo, podemos sugerir a los investigadores que orienten y dirijan sus trabajos hacia los problemas del aula de Ciencias con el fin de que sus resultados pueden ser vistos como útiles por el profesorado.

En este sentido, el objetivo fundamental de esta charla será ver cuán interesante y útil pueden resultar las investigaciones del cuerpo de conocimientos de la didáctica de las Ciencias para una tarea tan habitual del profesorado como es el diseño, implementación y evaluación de secuencias de enseñanza en el área de las Ciencias Naturales. Para ello comenzaremos por plantear una pregunta fundamental en la formación del profesorado cuya respuesta seguramente ya se conoce.

¹ Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Valencia, Valencia, España.

Correo electrónico: carles.furio@uv.es

² Instituto de Educación Secundaria 'La Vall de Segó', Benifairó de les Valls, Valencia, España.

Correo electrónico: cristinafurio@hotmail.com

¿Qué competencias, en sentido amplio de saber, 'saber hacer' y 'saber ser', habría de poseer un/a profesor/a de Ciencias para poder afrontar con cierto éxito los problemas que nos pueden surgir en el aula de Ciencias?

De acuerdo con los resultados de la investigación sobre formación del profesorado de Ciencias, podemos resumir que las principales competencias que ha de poseer el profesor/a para poder desempeñarse con cierto éxito en la clase de Ciencias son las siguientes:

- *Conocer en profundidad la historia y epistemología de las teorías y conceptos que ha de enseñar.* En particular, el profesor ha de conocer los principales problemas históricos que se presentaron y coadyuvieron en la construcción de los conocimientos científicos. Este conocimiento de los problemas pueden dar pistas al profesorado sobre posibles secuenciaciones de los contenidos del currículum que pueden facilitar el aprendizaje y, también, sobre obstáculos epistemológicos con los que se pueden encontrar sus estudiantes (Furió, 1994).
- *Saber secuenciar los objetivos y contenidos del currículum según un hilo conductor* que suele estar fundamentado en la epistemología de la ciencia y/o en el desarrollo cognitivo del estudiante. En esta competencia será fundamental saber realizar una transposición didáctica del contenido científico actual al *contenido científico 'a enseñar'* teniendo en cuenta la psicología del alumnado (Leach and Scott, 2002) y saber plantear una estructura problematizada que oriente el desarrollo del contenido de la unidad didáctica o del currículum (Osuna *et al.*, 2007).
- *Tener en cuenta los intereses, ideas y argumentaciones cotidianos de los estudiantes en el dominio de enseñanza que se ha de desarrollar, así como sus principales dificultades y obstáculos* (concepciones alternativas, razonamientos de sentido común como, por ejemplo, confusión entre evidencia e interpretación de la evidencia, inversión causa-efecto, fijación y reduccionismos funcionales, etc.) (Furió, Solbes y Carrascosa, 2006).
- *Aplicar estrategias de enseñanza que puedan ayudar de manera eficaz en el proceso de aprendizaje.* En esta fase se requerirá que el profesor tome decisiones sobre el modelo de enseñanza que cree que mejor facilitará el aprendizaje. Por ejemplo, en el modelo de aprendizaje como actividad de investigación orientada se priorizará la familiarización de los estudiantes con estrategias similares a las utilizadas por los científicos en sus investigaciones. Estrategias tales como plantear situaciones problemáticas abiertas que tengan interés personal y social para los estudiantes, analizar cualitativamente estas situaciones problemáticas ambiguas hasta llegar a proponer un problema acotado y precisado, emitir hipótesis fundamentadas que avancen una solución al problema planteado, elaborar estrategias de resolución del problema basándose en el cuerpo teórico conocido y/o diseñar experimentos que pongan en cuestión aquellas hipótesis, obtener y analizar los resultados experimentales

obtenidos, sacar conclusiones de la investigación realizada, así como aplicar los conocimientos aprendidos para solucionar problemas cotidianos (relaciones CTSA) y concebir nuevos problemas como futuras perspectivas de trabajo (Guisasola, Furió y Ceberio, 2008).

- *Saber preparar materiales adecuados para la implementación de la secuencia de enseñanza diseñada.* En el caso de la enseñanza-aprendizaje como actividad de investigación orientada de orientación socioconstructivista se han de elaborar programas de actividades que, en general, se van proponiendo a los alumnos distribuidos en pequeños grupos de 3 ó 4 dentro de una misma aula (Furió y Gil, 1978).
- *Saber gestionar, en el sentido de saber dirigir, la implementación de la secuencia de enseñanza diseñada.* Será fundamental para el aprendizaje que el profesor sepa realizar una buena mediación tratando de conseguir un clima de aula agradable en el que el alumnado trabaje cooperativamente con satisfacción y eficacia (Gil, 1991; Leach and Scott, 2002).
- *Finalmente el profesor ha de saber evaluar continuamente el proceso de enseñanza-aprendizaje* seguido con la finalidad de ir viendo si se van consiguiendo los objetivos de enseñanza planificados. Ello significa ir valorando tanto el aprendizaje logrado como la mediación realizada por la enseñanza impartida y el funcionamiento del currículo vivido en el aula (Alonso *et al.*, 1991).

A continuación trataremos de bajar a un mayor nivel de concreción en el diseño de secuencias de enseñanza mostrando ejemplos de la mayor parte de los aspectos considerados anteriormente. Para ello, supondremos que vamos a diseñar una secuencia de enseñanza para introducir la teoría atómica clásica a estudiantes de 15 ó 16 años e implementarla y evaluarla.

Una primera competencia docente a tener en cuenta en el diseño de la secuencia de enseñanza: Conocer la historia y epistemología de la teoría que se quiere enseñar

Como ya hemos citado en el apartado anterior, el profesor ha de tener un buen conocimiento de los principales problemas históricos y epistemológicos que ha tenido que resolver la ciencia para llegar a construir una teoría determinada. Esta competencia profesional docente significa que ha de conocer los principales saltos cualitativos que tuvo que dar la ciencia durante los siglos XVII al XIX para construir la teoría atómica clásica. En este caso el profesor ha de saber que la construcción de la Química como ciencia moderna tuvo que dar los siguientes saltos cualitativos venciendo importantes obstáculos epistemológicos:

- Hubo de aceptarse que los gases tenían el mismo estatus material (esto es, las mismas propiedades generales como masa, volumen, peso, elasticidad, etcétera) que los sólidos y líquidos (Furió, Hernández y Harris, 1987). Por tanto, habían de ser tenidos en cuenta en la explicación de los

cambios naturales. Por ejemplo, fue van Helmont quien en 1620 puso en cuestión que en el crecimiento de las plantas verdes solamente se tuviera en cuenta al agua y a la tierra poniendo de relieve que el *gas silvestre* (hoy CO₂) era su principal alimento.

- Se tuvo que poner en cuestión que el mundo terrestre estaba formado sólo por *mezclas*. Costó varios siglos llegar a introducir el *concepto macroscópico de sustancia* por los médicos paracelsianos del siglo XVI, por los filósofos mecánicos del siglo XVII y por los químicos del siglo XVIII (Jensen, 1998). Recordemos que, por ejemplo, Boyle clasificaba los sistemas químicos en: *mezclas*, *cuerpos perfectamente mezclados* (que hoy llamamos sustancias compuestas) y *cuerpos perfectamente sin mezcla* (que hoy denominamos sustancias simples) (Holton y Roller, 1963). Precisamente un síntoma de la existencia de dificultad en la conceptualización macroscópica de sustancia lo tenemos en la poquísimas participación de la comunidad química de finales del XVIII en la polémica entre Proust y Berthollet sobre la idea de *compuesto químico* (Bensaude-Vincent y Stengers, 2000).
- Las grandes dificultades que tuvo la aceptación de la hipótesis atómica para explicar la diversidad de materiales y las reacciones químicas. El modelo atómico clásico y el concepto estructurante de *elemento químico* fueron introducidos por Dalton a principios del siglo XIX. Este modelo atómico estuvo en crisis durante todo este siglo debido al paradigma equivalentista que ponía en duda la existencia de los átomos porque no podían verse (Rocke, 1986; Moreno, 2006).

Esta competencia profesional docente del conocimiento de la materia que se ha de enseñar se puede relacionar con un segundo saber didáctico: saber seleccionar y organizar los contenidos del currículum tomando como base el análisis histórico y epistemológico de la materia que se ha citado en este apartado.

Un segundo 'saber hacer' del profesor para elaborar la secuencia didáctica: Saber secuenciar objetivos y contenidos adecuados al nivel psicológico del estudiante (en forma de situaciones problemáticas de interés personal y/o social)

El profesorado ha de saber derivar unos objetivos y contenidos adecuados al nivel educativo del alumnado y a la ciencia escolar que ha de enseñar. Es decir, ha de saber realizar una *'transposición didáctica'* adecuada desde los puntos de vista psicológico y científico. Esta *secuenciación de contenidos* de la Ciencia a enseñar puede tener un hilo conductor basado en la historia y epistemología de la ciencia (concebidas como secuencia de problemas cuya solución contribuyó a la construcción de los conocimientos científicos). Al propio tiempo, el profesor puede tener en cuenta la dimensión epistemológica en el proceso de aprendizaje para salir al paso de una presentación *aprobemática* y, por tanto, *arbitraria* de los conceptos y teorías científicas (Ausubel, 1978). Es bien conocida la im-

portancia de utilizar la historia de la Ciencia para desarrollar una enseñanza 'problematizada'. Hay que tener en cuenta que la ciencia del pasado constituye la mayor parte de los contenidos de lo que enseñamos. De esa historia podemos extraer los problemas significativos, poner a los alumnos en situación de abordarlos e incluso mostrar las crisis habidas en el origen y desarrollo de estos conocimientos.

En el caso de la enseñanza de la teoría atómica de la materia podemos idear un hilo conductor epistemológico para organizar los objetivos y contenidos diseñando tres unidades didácticas basándonos en los tres saltos cualitativos indicados en el apartado anterior. La primera unidad centrada en el estudio de los gases y como contribuyó el *modelo cinético corpuscular* de los gases ideado para explicar sus propiedades a los orígenes de la teoría atómica clásica. La segunda unidad didáctica destinada al estudio de la diversidad de materiales existentes desde el punto de vista macroscópico, la introducción del concepto macroscópico de *sustancia* y explicar la diversidad de materiales existentes con la introducción submicroscópica del concepto de *elemento químico*. La tercera unidad didáctica complementaria a la anterior en la que se introducirían los estudios macroscópico y submicroscópico de las reacciones químicas y su explicación mediante la conservación de los átomos de los elementos químicos que formaban las sustancias reaccionantes.

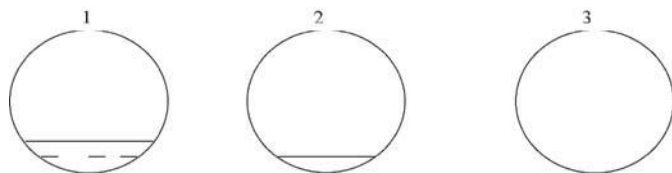
Tercera competencia docente: El profesor ha de tomar decisiones adecuadas sobre las competencias específicas que ha de adquirir el alumnado respecto a los contenidos seleccionados y tener en cuenta sus principales dificultades

El profesorado ha de saber como ha de contribuir la materia que enseña a las competencias básicas del currículum escolar y, además, seleccionar las competencias específicas que han de adquirir los estudiantes en el microcurrículum constituido, en este caso, por las tres unidades didácticas citadas en el apartado anterior. Ello implica, a su vez, tener conocimientos suficientes sobre los posibles obstáculos del alumnado respecto a la secuencia de contenidos que se pretende enseñar. A título de ejemplo, presentamos algunas de las principales competencias específicas que se deberían adquirir después del estudio de gases:

- Reconocer que los gases son tan *corpóreos* como la materia condensada (que tienen peso, volumen, elasticidad, dureza, etc.) aunque no se vean.
- Saber modelizar la estructura interna de los gases para explicar el comportamiento físico general de los gases. Es decir, ser capaz de interpretar las siguientes propiedades de los gases: difusión, compresibilidad y dilatación-contracción térmicas. Esta competencia implica saber explicar las propiedades macroscópicas de los gases con las del modelo cinético corpuscular.
- Saber resolver problemas cotidianos con el modelo cinético-corpúscular de los gases (en particular, los relativos a la presión atmosférica).

En relación a estas competencias se ha presuponer la existencia de dificultades que puede tener el alumnado de educación secundaria, por ejemplo, en el peso de los gases. Como ejemplo, presentamos uno de los ítems de un cuestionario utilizado en una investigación (Furió, Hernández y Harris, 1987) cuyo objetivo era saber si el aire pesa y cuyo enunciado era el siguiente:

“1. Supongamos que calentamos una cantidad de líquido en un balón de vidrio cerrado que se evapora totalmente, como indica la figura. Indicar en qué caso pesará más el globo: *En el caso 1; *En el caso 2; *En el caso 3; *Otra respuesta”



En la figura 1 se presentan los resultados obtenidos en, aproximadamente, 1200 estudiantes de Educación Secundaria (13 a 16 años) y de Bachillerato (16 a 18 años).

La mayoría de las respuestas equivocadas de los estudiantes eran semejantes como, por ejemplo: “Los gases no pesan porque flotan”, “...porque van hacia arriba”. Es obvio que estos resultados ponen de manifiesto que los estudiantes tienen dificultades respecto a su manera de ‘ver’ los gases que es distinta a la científica. Mediante entrevistas se observó que sus razonamientos se basaban en que los gases no eran tan materiales como los sólidos y líquidos porque no se veían. Con el fin de facilitar la reestructuración de sus ideas, podemos plantear a nuestros alumnos el debate sobre un fenómeno muy conocido como la combustión de un papel donde se produce humo que sube hacia arriba. Las cuestiones a debate pueden ser las siguientes: ¿Qué es el humo? ¿Por qué sube el humo? Para facilitar las explicaciones del alumnado, se puede hacer una simulación real de producción de humo quemando sobre la mesa un cilindro de papel de celulosa obtenido del paquete de una infusión de poleo menta como se ve en la figura 2.

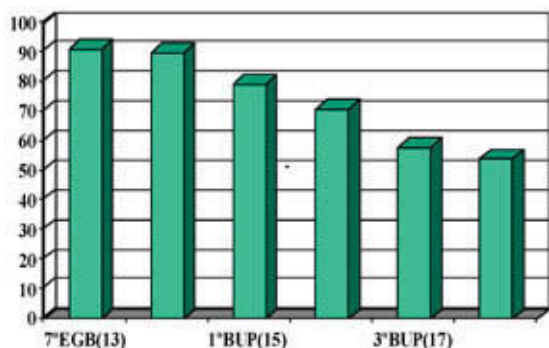


Figura 1. No conservación del peso en la vaporización de un líquido



Figura 2. Elevación de la ceniza en la combustión de un cilindro de papel celulósico.

Fácilmente los estudiantes llegan a la conclusión de que el humo es una mezcla formada por polvo sólido y gotas en suspensión —cenizas de la combustión— arrastradas por una corriente de aire caliente (por tanto, de menor densidad que el aire frío). Con estas ideas es fácil derivar un argumento del porqué las cenizas ascienden aunque su densidad es 1000 veces mayor que la del aire caliente ya que se genera una corriente convectiva que empuja a las partículas de la ceniza. Si son ciertas estas ideas sobre lo que es el humo y por qué asciende, podemos seguir derivando preguntas que impliquen no solamente la emisión de hipótesis sino también algún sencillo diseño que permita cuestionarlas. Por ejemplo, preguntarles: ¿Cómo podemos hacer que el humo baje?

Una de las posibles respuestas dadas irá en el sentido de producir el humo en el seno de aire frío aislándolo del caliente. Por ejemplo, en la figura 3 puede verse claramente cómo el humo que entra en la botella abierta donde hay aire a la temperatura ambiente cae verticalmente hacia abajo.



Figura 3. ¿Cómo hacer bajar el humo en una combustión de papel?

En cuanto a si el aire atmosférico también pesa podemos solicitarles la explicación de ‘pequeñas’ experiencias (invertir una botella llena de agua en una cubeta con agua, pegar una ventosa en la pared lisa de la cocina, etc.) donde se pondrá el énfasis en la necesidad de darnos cuenta de que vivimos, como decía Torricelli, en el fondo de un ‘mar de aire’ de más de 30 km de altura y cuyo peso por cm² es realmente muy elevado (la presión atmosférica al nivel del mar equivale a 1 kg de fuerza/cm²).

Cuarta competencia docente: “Saber seleccionar estrategias didácticas que faciliten el aprendizaje”

Esta competencia docente se refiere a la necesidad de decidir cómo se quieren enseñar los contenidos secuenciados previamente. Se puede optar por una propuesta de orientación socioconstructivista como es *el modelo de enseñanza-aprendizaje como actividad de investigación orientada*. Este modelo se basa en el tratamiento científico de situaciones problemáticas abiertas, fomentando que los alumnos discutan en pequeños grupos sobre actividades bajo la supervisión del profesor, se familiaricen con los procedimientos científicos, argumenten soluciones y puedan desarrollar sus habilidades metacognitivas y sociales. En este modelo se pone el énfasis, entre otras, en las siguientes *estrategias didácticas*:

- Debatar y valorar el interés personal y social que tiene conocer la temática a estudiar (relaciones CTSA).
- Analizar cualitativamente las situaciones problemáticas.
- Emitir hipótesis sobre posibles soluciones —oportunidad para usar funcionalmente sus concepciones en las predicciones que hagan.
- Elaborar estrategias de resolución o diseñar experimentos para cuestionar las hipótesis.
- Relacionar las soluciones con problemas cotidianos (es decir, seguir enfatizando la inclusión de relaciones CTSA).

El principal material didáctico en una secuencia de enseñanza inspirada en este modelo de aprendizaje consistirá en un *programa de actividades* cuya elaboración requerirá previamente una estructura problematizada en forma de cuestiones que orientarán el diseño de las actividades donde se enfatizarán las estrategias didácticas mencionadas anteriormente.

A título de ejemplo sobre cómo empieza la secuencia de enseñanza diseñada para el *estudio de los materiales y los cambios químicos* (Furió, Domínguez y Guisasola, 2009) se presenta el cuadro 1.

Cuadro 1.

<i>Secuencia de situaciones problemáticas</i>	<i>Actitudes, ideas y procedimientos sobre ciencia que se han de aprender</i>	<i>Explicaciones científicas que han de comprender</i>
¿Qué interés tiene estudiar cómo son los materiales y cómo podemos transformarlos? ¿Qué preguntas podemos plantearnos en el estudio de la gran diversidad de materiales existentes?	<ul style="list-style-type: none"> • Valorar la importancia de conocer los materiales que utilizamos en la vida cotidiana, sus aplicaciones y repercusiones. • Establecer colectivamente los contenidos del tema a estudiar con ayuda de la mediación del profesor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantearse la búsqueda de la explicación de la diversidad de materiales y cómo se pueden transformar para cubrir necesidades personales y sociales.

En el programa de actividades elaborado se han introducido actividades de tipo axiológico, conceptual, y procedimental ya que entendemos que el proceso de aprendizaje es complejo y ha de contemplar estas dimensiones. A título de ejemplos, se describen a continuación algunas actividades incluidas en los programas de actividades elaborados para las dos últimas unidades didácticas.

* Ejemplo de actividad con énfasis en la *dimensión axiológica*:

A.1.- ¿Qué opináis que es la Química? ¿Qué estudia? Señalad alguna utilidad de este estudio en la vida cotidiana

* Ejemplo de actividad con *énfasis en contenido procedimental*:

A.5.- ¿Cómo se puede saber empíricamente si un material es puro (sustancia) o está mezclado? Aplicarlo al caso del aluminio utilizado en la fabricación de una ventana.

* Ejemplo de dos actividades con *énfasis en contenido conceptual* (introducción del concepto de elemento químico)

A.15.- El ozono (O₃) es una sustancia simple que se encuentra formando una capa muy fina en la estratosfera. ¿Es perjudicial o no esta sustancia?

En este contexto, se trata de plantear una situación problemática abierta y compleja donde el alumnado se suele inclinar hacia la acción beneficiosa de la capa de ozono estratosférico al disminuir la intensidad de los rayos cósmicos. No obstante, conviene tener en cuenta los efectos destructores de la misma sustancia en vegetales y animales cuando se forma en la troposfera como, por ejemplo, a nivel del mar en costas cálidas y húmedas como las que hay en la Comunidad Valenciana.

A.16.- Además del ozono conocemos otra sustancia simple que es el oxígeno atmosférico (O₂) gracias al cual podemos respirar los seres vivos. ¿Cómo definiríamos el *elemento químico oxígeno*?

Conviene poner en cuestión la idea de que el elemento químico es la sustancia simple O₂ (a pesar de que esta idea está apoyada por la I.U.P.A.C.) ya que se induce así la idea en el alumnado de que un compuesto formado por dos elementos es lo mismo que una mezcla de esos mismos elementos. Según Dalton, un elemento químico es un conjunto de átomos que tienen la misma masa y volumen que entra a formar parte de las partículas o moléculas de muchas sustancias compuestas y simples (López, 2008). Como indica Scerri (2008) en un

artículo reciente, el propio Mendeleeff en el Congreso de Karlsruhe de 1860 ponía el énfasis en que había una segunda definición de elemento químico más fundamental según la cual debía considerarse como una 'sustancia abstracta', es decir sin las propiedades características atribuidas a las sustancias.

* Ejemplo de actividad con *énfasis en la emisión de hipótesis*:

A.2.- Predecid de manera fundamentada qué sustancias pueden obtenerse al hacer reaccionar zinc en polvo con disolución de ácido clorhídrico.

(Se aconseja hacer alguna prueba en el laboratorio, si no se ha hecho anteriormente).

* Ejemplo de actividad con *énfasis en la resolución de problemas cotidianos* que se puede utilizar para favorecer la autorregulación del aprendizaje:

A.2.- Al interpretar dos experimentos realizados en el tema de gases [a] El agua del interior de una botella invertida sobre una cuba que tiene agua, no cae; b) al apretar una ventosa sobre un baldosín, queda pegada], a menudo se dan las siguientes explicaciones:

a') el agua no cae porque se crearía el vacío dentro de la botella;

b') al apretar la ventosa, sale el aire, y el vacío formado es el que hace que se quede pegada al baldosín.

Comentad si estáis o no de acuerdo con las razones apuntadas y, en este último caso, proponed alguna hipótesis alternativa.

A modo de conclusión

Los profesores hemos de saber que desde hace unos 25 años ha habido grandes avances en la investigación en didáctica de las Ciencias que están a nuestra disposición para mejorar nuestra práctica docente. Lo importante es que no solamente podemos apropiarnos del cuerpo de conocimientos teóricos disponibles sino que hemos de implicarnos en la propia investigación para tratar de resolver los problemas que se nos plantean en el aula. Es decir, hemos de convertirnos en 'productores de conocimiento' (Furió-Más, Solbes y Furió-Gómez, 2008).

Esta charla no tenía más objetivo que aproximar al profesorado a la investigación-acción que puede llevarse a cabo mediante el diseño y elaboración de secuencias de enseñanza. Secuencias que han de considerarse como hipótesis didácticas fundamentadas que habrá que implementar en el aula y evaluarlas viendo si realmente se facilita el aprendizaje de los estudiantes. Como alguien dijo: ¡No hay nada mejor para la práctica que disponer de una buena teoría!

Referencias bibliográficas

Ausubel, D.P. *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Ed. Trillas, 1978.

Bensaude-Vincent, B. and Stengers, I. *Historia de la Química*. Madrid: Addison-Wesley Iberoamericana, 1997.

Blackburn, V. and Moissan, C. *The in-service training of teachers in the twelve Member States of the European Community*. Maastricht: Presses Interuniversitaires Européennes, 1986.

Furió, C., Solbes, J. y Carrascosa, J. Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación, *Alambique*, **48**, 64-77, 2006.

Furió, C. y Gil, D. *El programa-guía de actividades: una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química*. I.C.E. de la Universidad de Valencia, 1978.

Furió, C., Hernández, J. y Harris, H. Parallels between adolescents' conception of gases and the History of Chemistry, *Journal of Chemical Education*, **64**(7), 616-618, 1987.

Furió-Más, C.J. Tendencias actuales en la formación del profesorado de Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, **12**(2), 188-199, 1994.

Furió-Más, C., Domínguez-Sales, M.C. and Guisasaola-Aranzabal, J. Design and assessment of a teaching sequence to introduce substance and chemical reaction in secondary education, 2009, (submitted to *Science Education*).

Furió-Más, C., Solbes-Matarredona, J. and Furió-Gómez, C. Towards a proposal for effective ongoing training programmes for Science Teachers, *Problems of Education in the 21st Century*, **6**, 60-69, 2008.

Gil-Pérez, D. ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de Ciencias?, *Enseñanza de las Ciencias*, **9**(1), 69-77, 1991.

Guisasaola, J., Furió, C. y Ceberio, M. Science Education Based on Developing Guided Research. En: Mary V. Thomase (ed.), *Science Education in Focus*, 173-202. New York: Nova Publishers, Inc., 2008.

Holton, G. y Roller, D. *Introducción a la Física Moderna*. Barcelona: Editorial Reverté, 1963.

Jensen, W.B. Logic, history and the chemistry textbook. I. Does chemistry have a logical structure?, *Journal of Chemical Education*, **75**(6), 679-687, 1998.

Leach, J. and Scott, P. Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing on the Concept of Learning Demand and a Social Constructivist-Perspective on Learning, *Studies in Science Education*, **38**, 115-142, 2002.

López, D.M^a. *La Enseñanza y el Aprendizaje del concepto de Elemento Químico en la Educación Secundaria y el Bachillerato. Análisis crítico y Propuesta de mejora*. Tesis doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València, 2008.

Moreno, A. Atomismo versus energetismo: controversia científica a finales del siglo XIX, *Enseñanza de las Ciencias*, **24** (3), 411-428, 2006.

Osuna-García, L., Martínez-Torregrosa, J. Carrascosa-Alís, J. y Verdú-Carbonell, R. Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria, *Enseñanza de las Ciencias*, **25**(2), 277-293, 2007.

Rocke, A.J. *Chemical Atomism in the Nineteenth Century. From Dalton to Cannizzaro*. Columbus: Ohio State University Press, 1986.

Scerri, E. R. La Tabla Periódica, *Investigación y Ciencia*, abril, 50-56, 2008.