

# Las Unidades Didácticas escolares, basadas en competencias, como eje estructurante de la Didáctica de la Física y Didáctica de la Química para la formación inicial de profesores de secundaria

**M<sup>a</sup> Mercedes Martínez Aznar, M<sup>a</sup> Paloma Varela Nieto, Angel Ezquerra Martínez y Francisco Sotres Díaz**

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación-Centro de Formación de Formación del Profesorado, Universidad Complutense, C/Rector Royo Villanova, s/n. 28040-Madrid. [mtzaznar@edu.ucm.es](mailto:mtzaznar@edu.ucm.es)*

[Recibido en diciembre de 2012, aceptado en abril de 2013]

En el curso 2009/2010 inició su travesía el Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas (MFPS) y ahora, en el curso 2012/2013 finalizarán sus estudios la cuarta promoción de estudiantes. Llegados a este punto la comunidad de profesores universitarios que imparten docencia en las especialidades de ciencias, a instancias de la Revista Eureka, tenemos la oportunidad de hacer balance de las propuestas formativas que se están desarrollando en las diferentes universidades y de darlas a conocer. En este trabajo empezaremos caracterizando la organización de las asignaturas de Didáctica de la Física y Didáctica de la Química para la especialidad de Física y Química en la UCM a partir de los descriptores, las competencias consideradas, los contenidos y la evaluación; para, seguidamente, profundizar en el uso de las unidades didácticas como herramientas para estructurar dichas asignaturas y del modelo para su elaboración desarrollado al efecto.

**Palabras clave:** Competencias; Física y Química, formación inicial de profesores de Secundaria; unidades didácticas.

## **The competency-based curriculum units as structural axis of the Teaching for Physics and Chemical Teacher education in secondary school**

During the course 2009/2010 the Masters in Secondary Education Teacher's Training (MFPS) started in the UCM and now four classes of students have finished theirs studies. At this point, on request of the Journal Eureka, the teachers in the area of Sciences have the opportunity to compare the training proposals that different universities are developing. In this paper, we characterize the organization of the subjects of Didactics of Physics and Didactics of Chemistry in the UCM, from the descriptors and competences analysis, contents and assessment. Later, we advance further into the use of didactic units as tools to structure the courses and we show the development model created for this purpose.

**Keywords:** Competences; didactical sequences; Physics and Chemistry; Secondary teacher training.

## **Objetivos**

Este trabajo tiene como finalidad exponer algunos planteamientos sobre las asignaturas de Didáctica de la Física y Didáctica de la Química, correspondientes al Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas (MFPS), y su desarrollo. De forma específica nos proponemos:

- 1.- Caracterizar las asignaturas de Didáctica de la Física y Didáctica de la Química.
- 2.- Presentar un Modelo para la elaboración de unidades didácticas basado en competencias, y
- 3.- Describir las pautas seguidas en la implementación en el aula del modelo propuesto.

## Caracterización de las asignaturas de Didáctica de la Física y Didáctica de la Química

En los planes de estudio de la UCM (Universidad Complutense de Madrid), la materia de *Aprendizaje y enseñanza de las materias* del módulo Específico se ha estructurado en las asignaturas de Didáctica de la Física (DF) y Didáctica de la Química (DQ), con 5 ECTS cada una, impartidas por profesorado del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y con un mismo descriptor con referencia expresa a la Física y la Química según corresponda:

*“Como posibles futuros profesores de Física y Química, un licenciado en cualquier carrera de ciencias necesita recibir una formación didáctica que le capacite para desarrollar la labor docente. En esta asignatura se pretende formar a los participantes en el conocimiento profesional y posibilitar respuestas críticas y bien fundadas a las preguntas ¿qué Física (Química) enseñar?, ¿cómo enseñar Física (Química) en Secundaria Obligatoria y Postobligatoria? y ¿cómo aprende el alumnado los contenidos sobre Física (Química)?”*

Esta distribución organizativa, desde nuestro punto de vista, bien podría haberse resuelto en una única disciplina: Didáctica de la Física y la Química si atendemos a los contenidos comunes que comparten y para preservar la coherencia interna entre ambas. Por ello, en nuestro caso y para evitar repeticiones innecesarias, estos contenidos son impartidos conjuntamente para la totalidad de los estudiantes y con un esquema común para las dos asignaturas como veremos.

En la ORDEN ECI/3858/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de las profesiones de Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, se recogen las competencias relativas al título que además conlleva las siguientes competencias específicas que se considera que los estudiantes deberán adquirir a través de la DF y DQ:

*“Comprender los desarrollos teórico-prácticos de la enseñanza y el aprendizaje de la Física (Química)”, “Transformar los currículos escolares en programas de actividades y de trabajo”, “Seleccionar, utilizar y elaborar materiales para la enseñanza de la Física (Química)”, “Integrar la formación en comunicación audiovisual y multimedia en el proceso de enseñanza-aprendizaje”, y “Dominar estrategias y técnicas de evaluación y entender la evaluación como un instrumento de regulación y estímulo al esfuerzo”.*

En lo que respecta a los contenidos temáticos seleccionados, en la UCM se distribuyen en tres bloques según se recoge en la figura 1.

Como puede apreciarse, los bloques 1 y 2, así como parte del bloque 3, son comunes a la DF y DQ y, como anticipábamos, se imparten conjuntamente. En ellos se incluyen los parámetros teóricos que avalan las decisiones didácticas que caracterizan nuestra propuesta para orientar e interpretar los procesos de enseñanza-aprendizaje y que las diferenciarán de otras extendidas a nivel escolar. Así, durante el desarrollo del bloque 3 del programa se ejemplifican unidades didácticas (UD), básicamente para la ESO, que materializan los conocimientos elaborados en los bloques previos. Se profundiza en la etapa de la ESO por requerir transposiciones didácticas más alejadas de los planteamientos de la ciencia experta que resulta más próxima a los estudios universitarios realizados por los futuros profesores.

Por otra parte, las UD abordadas en el bloque 3 están diseñadas con el mismo modelo con el que trabajarán, posteriormente, los estudiantes para diseñar una UD, en grupo cooperativo, que permitirá plasmar los contenidos desarrollados en el curso y que tendrá finalidad evaluadora.

<p>Bloque 1. El aprendizaje de los contenidos de Física y Química</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teorías del aprendizaje y sus implicaciones para la enseñanza de las Ciencias.</li> <li>- El constructivismo: un enfoque de larga trayectoria (caracterización de las concepciones de los estudiantes, cambio conceptual, otras perspectivas).</li> <li>- Las concepciones alternativas de los escolares sobre física y química: un obstáculo para su aprendizaje.</li> </ul> <p>Bloque 2. La Física y Química en el currículo de Educación Secundaria: Análisis de sus componentes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Componentes del currículo: Objetivos, competencias básicas, contenidos y criterios de evaluación.</li> <li>- La física y la química escolar. La transposición didáctica.</li> <li>- La competencia científica Conocimiento e interacción con el mundo físico.</li> <li>- La evaluación en base a criterios normativos y/o competencias.</li> </ul> <p>Bloque 3. Estrategias, actividades, recursos y tecnología para la enseñanza de la Física (<i>Química</i>) en la Educación Secundaria</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los recursos didácticos como herramientas para la enseñanza: videos, TIC, etc.</li> <li>- Una propuesta didáctica para la enseñanza de la Electricidad.</li> <li>- Una propuesta didáctica para la enseñanza de la Mecánica.</li> <li>- Una propuesta didáctica para la enseñanza de las Ondas.</li> </ul> <p>(<i>Una propuesta didáctica para la enseñanza de la Unidad y diversidad de materiales en la naturaleza.</i>)</p> <p>(<i>Una propuesta didáctica para la enseñanza del Cambio y la diversidad de materiales en la naturaleza.</i>)</p>
---

**Figura 1.** Relación de contenidos correspondientes a las materias de Didáctica de la Física y Didáctica de la Química (entre paréntesis y en cursiva aparecen los contenidos que las diferencian).

En cuanto a la evaluación de las asignaturas, que se realiza en términos de competencias, se tiene en cuenta las actividades formativas desarrolladas durante el proceso de enseñanza-aprendizaje (20%), las pruebas escritas individuales realizadas en momentos puntuales del curso (50%) y el diseño de la unidad didáctica realizada en grupo con su correspondiente presentación oral (30 %).

## La Unidad Didáctica como eje vertebrador de la Didáctica de la Física y de la Didáctica de la Química

Desde nuestro punto de vista, el modelo formativo utilizado con los profesores de secundaria en formación inicial debe corresponderse con el modelo didáctico propuesto para ser desarrollado en las aulas escolares. En este sentido, se trata de un modelo basado en competencias que pretende que los estudiantes del Máster construyan conocimiento didáctico sobre física y química para poder hacer concreciones y contextualizaciones de los currículos de educación secundaria. Así, la UD como herramienta fundamental para orientar los procesos de enseñanza-aprendizaje es el eje central de las asignaturas de DF y DQ. Con estas premisas se ha elaborado el contenido del documento “*Modelo para la elaboración de Unidades Didácticas*” que se describe a continuación.

### Un Modelo para la elaboración de Unidades Didácticas basado en competencias

Las competencias específicas propias del título del Máster, presentadas anteriormente, podemos vincularlas, claramente, con el diseño y planificación de UD. Es decir, los futuros profesores deberán ser capaces de elaborar programas de actividades; seleccionar, utilizar y

elaborar materiales para la enseñanza de la física y de la química, y evaluar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Para ello, las UD deben tener referentes teóricos-didácticos que permitan predecir y explicar su utilidad tanto para el desarrollo de contenidos específicos como para la obtención de resultados de aprendizajes adecuados (Lijnse y Klaassen, 2004).

Llegado a este punto, nos detendremos en la descripción del modelo elaborado para el diseño de UD y cuyos apartados se presentan en la Figura 2.

<b>Modelo para la elaboración de Unidades Didácticas</b>
<b>1. ANÁLISIS DEL CONTEXTO</b> 1.1. Características del centro 1.2. Profesorado y experiencia docente 1.3. El currículo escolar Resumen de acciones
<b>2. ANÁLISIS DIDÁCTICO</b> 2.1. Características alumnado. concepciones alternativas 2.2. Selección de contenidos 2.3. Relación entre los contenidos Resumen de acciones
<b>3. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS</b> 3.1. Presupuestos metodológicos 3.2. Diseño y secuencia de actividades Resumen de acciones
<b>4. EVALUACIÓN</b> 4.1. Criterios 4.2. Evaluar en el marco de las competencias Resumen de acciones
<b>5. RECURSOS DIDÁCTICOS</b>

**Figura 2.** Índice de contenidos del “Modelo para la elaboración de Unidades Didácticas” elaborado para las asignaturas de Didáctica de la Química y Didáctica de la Física del MFPS.

Con este modelo pretendemos guiar a los futuros profesores que se inician en el campo del diseño y planificación de UD. Nuestra propuesta está basada en contenidos extraídos de la numerosa bibliografía derivada de la investigación educativa y más específicamente de la investigación en el área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, teniendo en cuenta los diferentes factores que condicionan la planificación de las enseñanzas por parte del profesorado.

Una UD es un documento de planificación de las enseñanzas científicas escolares en el que el profesor hace explícitas sus intenciones educativas para con un grupo específico de estudiantes antes de ponerlas en práctica; es pues una hipótesis de intervención que nos va a servir de reflexión para la acción. De reflexión puesto que implica analizar y ponderar los distintos factores que actúan sobre el sistema y tomar decisiones previas sobre múltiples facetas como elección de contenidos, metodología, actividades, etc. Para la acción porque la finalidad última es utilizarla en el aula.

En nuestra propuesta, hemos considerado tres referentes: aspectos institucionales y curriculares (Apartado 1), el alumno y sus características en relación a los contenidos que se van a enseñar (Apartado 2), y el profesor que organiza y gestiona todo el proceso (Apartado 3). Se cierra el documento con una propuesta de evaluación del aprendizaje (Apartado 4). Se trata de un modelo versátil que permite que la UD se articule en función de los contenidos

(Duit, 2007), de la construcción de modelos intermediarios (Clement, 2000), de la indagación y la resolución de situaciones problemáticas (Varela, y Martínez, 1998; Ibañez y Martínez, 2005; Martínez e Ibañez, 2005; Martínez y Varela, 2009), etc. pero siempre considerando el desarrollo de la competencia científica.

En el primer apartado, *Análisis del contexto*, se analiza los referentes de la unidad que se quiere preparar. Es evidente que las acciones asociadas al centro escolar no van a poder llevarse a cabo durante la planificación de las unidades, pero asumirán toda su importancia durante el Practicum (en la UCM se desarrolla con posterioridad a las asignaturas de Didáctica de la Física y Didáctica de la Química).

En el segundo apartado, *Análisis didáctico*, se señala, en primer lugar, el marco y los límites de actuación derivados de las características cognitivas de los escolares. En segundo lugar se presentan unas herramientas útiles para seleccionar los contenidos en el nuevo marco de las *competencias* que deben adquirir el alumnado.

El tercer apartado, *Estrategias didácticas*, exige una toma de decisiones por parte del profesorado sobre los distintos aspectos del proceso: metodología de aula y actividades a desarrollar. En este apartado y en el siguiente es donde la coherencia interna de la UD debe quedar, expresamente, patente.

El último apartado, *Evaluación*, supone la “prueba del algodón”. Su finalidad es dotar de instrumentos que permitan obtener información para optimizar el aprendizaje de los escolares y posibilitan un feedback de la propia UD.

Todos los apartados finalizan con un cuadro titulado Resumen de acciones en el que se detallan las tareas concretas que deben realizarse. A modo de ejemplo se presenta el correspondiente al *Análisis didáctico* (Figura 3).

Del análisis de	Acciones
2.1. Concepciones alternativas	Recoger y analizar la bibliografía existente sobre el tema elegido Explicitar y analizar las concepciones en el grupo concreto de clase
2.2. Selección de los contenidos	Determinar los conocimientos, las capacidades y las actitudes que se van a abordar
2.3. Relación entre los contenidos	Realizar un mapa conceptual, esquema o similar, que permita tener una visión global de lo que se va a abordar

**Figura 3.** Resumen de acciones para el apartado de Análisis Didáctico del Modelo para la elaboración de unidades didácticas.

A continuación se profundizarán en algunos de los subapartados del modelo que consideramos más relevantes y novedosos.

#### *La selección de contenidos basada en competencias*

Uno de los aspectos fundamentales para la elaboración de UD es la identificación de los contenidos de física y química que se tienen que enseñar. Los contenidos son uno de los elementos curriculares que las administraciones educativas determinan y concretan, en primer lugar, a partir de los saberes que se consideran beneficiosos para la educación de niños y jóvenes en los correspondientes niveles. Luego, los profesores, como fundamental agente educativo, concretan dichos contenidos adaptándolos al contexto específico en el que se desenvuelven.

Desde la LOGSE (1990) se identificaron e hicieron populares tres tipos de contenidos: conceptos, procedimientos y actitudes, que han tenido gran repercusión en el ámbito escolar constituyendo una de las diferencias más notables respecto a la concepción de los contenidos

vigentes desde la LGE (1970). Dicha reforma educativa dio lugar a propuestas sobre la organización y secuenciación de los contenidos para la educación secundaria obligatoria (Coll, 1987; Gil y Gavidia, 1993 y Nieda, 1993 en Nieda y Macedo, 1997), algo que también se manifestaba en otros países (Milner, 1986; Claxton, 1994).

Los criterios para la selección de los contenidos y determinación de los bloques o núcleos temáticos ha sido objeto de interés por especialistas en diseño curricular (Coll, 1987). Así, se rompía con la tradición, aún muy asentada y compartida, de abordar, mayoritariamente, los conceptos, leyes, teorías e hipótesis de la física y de la química y, además, se trató de identificar las ideas fundamentales o metaconceptos dentro de estas disciplinas (energía y materia).

Por otra parte, también con la LOGSE se consideró que la metodología didáctica en la ESO debería iniciar al alumno en los principios básicos del método científico, se destacaba que “*los alumnos han de conocer y utilizar algunos métodos habituales en la actividad científica [...]: planteamiento de problemas [...]; utilización de fuentes de información de manera sistemática [...]; formulación de hipótesis [...]; contraste de hipótesis mediante la observación rigurosa y [...] la planificación y realización de experimentos; recogida, organización y análisis de los datos; discusión de conclusiones...*” (RD 1345/1991, pág. 41).

En la actualidad, con el desarrollo de la LOE (2006), se han introducido las competencias básicas que debe adquirir el alumnado de ESO. En nuestro caso, destacaremos la relativa al conocimiento e interacción con el mundo físico (que en otros ámbitos se denomina competencia científica). La competencia científica supone, entre otros aspectos, “*la habilidad progresiva para poner en práctica los procesos y actitudes propias de la indagación científica: identificar y plantear problemas relevantes; realizar observaciones [...] con conciencia del marco teórico que las dirige; formular preguntas; localizar, obtener, analizar y representar información cualitativa y cuantitativa; plantear y contrastar soluciones tentativas o hipótesis; realizar predicciones e inferencias [...]; e identificar el conocimiento disponible [...] necesario para responder a las preguntas científicas, y para obtener, interpretar, evaluar y comunicar conclusiones...*” (RD 1631/2006, pág. 687).

Es decir, desde los años noventa del siglo pasado se incluyen en el currículo los procesos seguidos por la ciencia, desde la perspectiva escolar, abogando a la necesidad de aprender a hacer ciencia y de ser capaces de comunicar las ideas.

Otra prioridad fue tratar de despertar el interés por la ciencia y su aprendizaje y, por las actitudes y valores propios del quehacer científico (concluir a partir de datos, sentido crítico, tomar decisiones, adoptar medidas de seguridad, etc.), que permitieron presentar una visión más amplia y completa de lo que es la actividad humana de la ciencia...

Con la llegada de las competencias al panorama educativo podemos preguntar ¿qué ha cambiado o debe cambiar en cuanto a la selección o tipos de contenidos curriculares?

No cabe la menor duda que las competencias constituyen el elemento curricular más novedoso, que han irrumpido en el ámbito educativo de forma brusca y para cuya utilización y consideración el profesorado no ha dispuesto de preparación ni ayuda suficiente. En primer lugar, podría considerarse que las competencias suponen una reivindicación o reelaboración de los contenidos sobre procedimientos, es decir *sobre qué hacer*, lo que de alguna manera acarrearía un seguir igual, siempre y cuando se trabajen expresamente, aunque cambiando la terminología. En segundo lugar, a nivel de aula y de los libros de texto, las competencias se han introducido a modo de anexo de forma semejante a como están en la normativa curricular, sin clara implicación en la organización y selección de los contenidos ni de las actividades diseñadas para el aprendizaje. Es decir, no se están dando las condiciones apropiadas que favorezcan su verdadera inclusión en el aula, con el riesgo que ello puede acarrear si se consideran una moda más que no enraíza en el día a día de las aulas. Por ello, la

formación inicial del profesorado de educación secundaria es una oportunidad de oro para iniciar a los estudiantes en la necesidad de abordar las actividades de aula y la evaluación en términos de competencias.

Por otra parte, desde nuestro punto de vista la inclusión de las competencias sería una gran ocasión para revisar los saberes curriculares, para renovar las transposiciones didácticas realizadas desde la legislación para respaldar las realizadas por los profesores y para modificar las metodologías de enseñanza; pero, para ello habría que contar no sólo con la voluntad del profesorado, principal agente educativo, sino también con la voluntad de nuestros políticos y la concurrencia de expertos curriculares que siguieran las nuevas corrientes promovidas desde las instituciones internacionales (Informe Rocard, 2007; Osborne y Dillon, 2008; McKinsey, 2010 y 2012).

En nuestro sistema educativo, la competencia científica, denominada en *Conocimiento e interacción con el mundo físico* se describe como:

*“la habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de modo que facilite la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida”, “La habilidad para desenvolverse e interpretar el mundo, para identificar y plantear problemas; realizar observaciones; formular preguntas; localizar, obtener, analizar y representar información cuali y cuantitativa; plantear y contrastar hipótesis; realizar predicciones e inferencias; interpretar, evaluar y comunicar conclusiones en diversos contextos (social, personal y académico). Incorpora la aplicación de conceptos y teorías, y las actitudes hacia el cuidado del medio ambiente, el consumo racional y responsable y la protección de la salud individual y colectiva” (RD 1631/2006), que se corresponden con las características de la metodología científica, ya mencionada.*

En resumen, las competencias hacen referencia a aprendizajes en acción, en contextos definidos. Este último aspecto es lo que puede marcar las diferencias con la concepción de contenido más hegemónica. A modo de ejemplo, podría decirse que es la diferencia entre saber enunciar qué es una reacción química a ser capaz de poder distinguir los cambios químicos, en experiencias concretas, identificando el cambio de propiedades entre los reactivos y los productos.

Por ello, en el modelo de UD que aquí proponemos se concretan los contenidos en términos de *conocimientos* (“saber que...”), *capacidades* (“ser capaz de...”) y *actitudes* (“implicarse en...”). La intención es trasladarnos desde los contenidos de la química y la física a los contenidos que deben construir el alumnado al respecto, es decir, hay que caracterizar y enunciar lo que los escolares deberán aprender y saber hacer. Para ello, resulta imprescindible asumir la idea de indicador de competencia, para mantener la coherencia en nuestro planteamiento, que mostraremos en el apartado sobre evaluación. En la Figura 4 hacemos una ejemplificación para una UD sobre reacciones químicas para 3º de ESO.

#### *La evaluación en el marco de las competencias*

Como acabamos de ver, en nuestra propuesta de elaboración de UD hemos introducido las competencias como elemento curricular utilizándolas para fundamentar la Selección de contenidos. Por lo tanto, deberán aparecer como idea básica para organizar la evaluación.

¿Qué quiere decir “evaluar por competencias”? Por suerte tenemos fuentes solventes que nos permiten contestar esta pregunta: los programas PISA y TIMSS como propuestas de evaluación en ciencias contrastadas a nivel internacional que hemos considerado como referentes para desarrollar nuestro modelo.

Para responder a la necesidad de disponer de datos sobre el rendimiento escolar que fueran comparables internacionalmente, la OCDE puso en marcha en 1997 el Programme for International Student Assessment (PISA) que representa el compromiso de los gobiernos de examinar, de forma periódica, amplia y rigurosamente y, en un marco común, los resultados de los sistemas educativos medidos en función de los logros alcanzados por los alumnos de 15 años en las Competencias Lectora, Matemática y Científica.

El PISA 2006 se centró en la evaluación de la competencia científica definiéndola en referencia a las habilidades del individuo relacionadas con el conocimiento científico y su utilización, la comprensión de los rasgos característicos de las ciencias como forma humana de conocimiento e investigación, la conciencia de cómo las ciencias y la tecnología dan forma a nuestros entornos materiales, intelectuales y culturales y la voluntad de involucrarse como ciudadano reflexivo en cuestiones relacionadas con las ciencias (PISA 2006a, PISA 2006b y PISA 2006c).

Para la realización de las preguntas de evaluación en ciencias, PISA 2006 trabaja en un marco que incluye cuatro aspectos interrelacionados: los *Contextos* en los que están insertas las unidades (Salud, Recursos naturales, Riesgos, Medio ambiente y Fronteras de la ciencia), las *Capacidades* que necesitan desarrollar los alumnos (Identificar cuestiones científicas, Explicar fenómenos de manera científica y Utilizar pruebas científicas), los campos de conocimiento diferenciando *Conocimientos de ciencia* (Sistemas Físicos, Vivos, Terrestres y Espaciales y Tecnológicos) y *Conocimientos acerca de la ciencia* (Investigación y Explicaciones científicas) y las *Actitudes* de los alumnos. Las tres capacidades fueron seleccionadas por su importancia en la práctica de las ciencias y por su relación con habilidades cognitivas clave tales como el razonamiento inductivo/deductivo, el pensamiento basado en sistemas, la toma de decisiones con sentido crítico, la transformación de la información, la elaboración y comunicación de argumentos y explicaciones basados en datos, el pensamiento en términos de modelos y la utilización de las ciencias.

Las pruebas de ciencias de PISA 2006, planteadas a partir de situaciones reales, se componen de algún tipo de texto introductorio, seguido de una serie de preguntas donde cada una de ellas se puede identificar por su contexto, la capacidad que requiere su contestación y el campo de conocimiento que representa; algunas de ellas trabajan el campo de las actitudes.

En este sentido, cabe indicar que en las *Evaluaciones diagnósticas* que realiza el Ministerio de Educación, en el caso de la competencia científica, se ha tomado como modelo el programa PISA que acabamos de comentar lo que representa un aliciente para que los profesores evalúen en esa línea (MEC, 2009).

La otra fuente, ya mencionada, que hemos considerado es el programa TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) patrocinado por la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (IEA). Este programa plantea evaluar el conocimiento de los estudiantes en las materias de Matemáticas y Ciencias. TIMSS inició su andadura en el año 1995, yendo en aumento el número de países que participan desde la primera edición y establecido con una periodicidad cuatrienal. El objetivo de este programa es conocer el nivel de rendimiento de los alumnos, comparar los resultados y tratar de explicar las diferencias observadas en función de las características de los sistemas educativos. Para poder realizar el estudio de una forma correcta, se ha acordado un currículo internacional para ciencias formado por contenidos comunes a todos los países (TIMSS, 2007).

Los resultados que nos proporciona este programa, además de una idea del rendimiento de los alumnos en las dos áreas investigadas, también se refieren al contexto del proceso de enseñanza-aprendizaje en el que se llevan a cabo, así como la evolución, tendencias y cambio



de los mismos a lo largo del tiempo. Con todo ello, se obtiene una radiografía que permite a la comunidad educativa (profesorado, familia, autoridades, etc.) conocer con mayor profundidad el funcionamiento en Matemáticas y Ciencias. En España las pruebas se han aplicado a los alumnos de 4º de Primaria (10 años) y 2º de ESO (14 años).

Conocimientos: El alumno tiene que saber que:	Capacidades: El alumno tiene que ser capaz de:	Actitudes: El alumno se implica en:
<p>Cuando se modifican las propiedades (solubilidad, densidad, ...) de las sustancias decimos que se ha producido un cambio químico (i.e. en situaciones de la vida diaria, dejar caer una piedra, derretir mantequilla, cocer un huevo, ... identificar cuándo se produce un cambio físico o un cambio químico atendiendo a la modificación de las propiedades).</p> <p>En un cambio o reacción química las sustancias iniciales se denominan reactivos y las finales productos.</p>	<p>Reconocer los procesos de cambio químico e identificar las propiedades de los productos al resolver las siguientes situaciones problemáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-se mezclan sustancias sólidas (i.e. nitrato de plomo(II) y yoduro potásico),</li> <li>-se añade agua a una sustancia (i.e. sulfato de cobre(II) anhidro),</li> <li>-se calientan sustancias (i.e. clorato potásico sólido),</li> <li>-se hace pasar una corriente eléctrica a través de una sustancia (i.e. agua).</li> </ul> <p>Hacer los informes correspondientes a las situaciones problemáticas indicando: formulación de los problemas, emisión de hipótesis, estrategias experimentales, resolución y conclusiones.</p>	<p>Conservar y cuidar el material de laboratorio y a respetar las normas de seguridad.</p> <p>Aceptar que las conclusiones se derivan de los datos empíricos y no de las opiniones.</p> <p>Integrarse y cooperar en un proyecto colectivo: participando en su concepción, implicándose en su desarrollo, presentándolo y valorando la contribución de cada miembro del grupo, asumiendo las reglas, representando al grupo y aceptando y asumiendo el éxito/fracaso del proyecto.</p> <p>Asumir que la redacción del informe es un requisito del proceso de aprendizaje.</p>
<p>A nivel microscópico, el cambio químico implica reorganización de los átomos que intervienen en el proceso.</p> <p>En cualquier cambio se conserva la masa y el nº y tipo de átomos.</p> <p>Los cambios químicos se representan como ecuaciones ajustadas, con una flecha que separa los reactivos de los productos (i. e., <math>A + B \rightarrow C + D</math>).</p> <p>Para explicar e interpretar los cambios químicos utilizaremos el modelo atómico de Dalton y el "estructural".</p>	<p>Representar a nivel submicroscópico los cambios químicos implicados en las anteriores situaciones problemáticas.</p> <p>Manejar/utilizar las representaciones microscópicas para ajustar las reacciones químicas considerando la conservación de la materia.</p> <p>Utilizar el modelo atómico de Dalton o el modelo estructural para interpretar y explicar los cambios químicos.</p>	

**Figura 4.** Ejemplo de caracterización de los contenidos en términos de competencias para una UD sobre Cambio químico para 3º de ESO.

El marco teórico para evaluar la ciencia escolar contemplado en TIMSS se basa en la idea de la ciencia como un proceso utilizado por el hombre para aprender sobre el mundo físico, que implica observar, investigar y explicar fenómenos naturales. Por lo tanto, incluye el conocimiento de los contenidos científicos y la habilidad de aplicarlos, resolver problemas, elaborar explicaciones y desarrollar investigaciones. En esta línea, se plantean dos grandes dimensiones: *Dimensión de contenido* y *Dimensión cognitiva*. En la primera, se establecen los siguientes *Dominios de contenido*: Ciencias de la vida, Física y química, Química, Física, Ciencias de la Tierra y Ciencias medioambientales. En la segunda dimensión, se diferencian tres *Dominios Cognitivos*:

- Conocimiento factual (Conocer): los estudiantes tienen que tener una base de conocimientos, hechos, leyes, teorías y procedimientos.

- Comprensión conceptual (Aplicar): los estudiantes tienen que captar las relaciones directas que explican el comportamiento del mundo físico y relacionar lo observable con conceptos científicos.

- Razonamiento y análisis (Razonar y Analizar): los estudiantes tienen que utilizar el razonamiento científico para resolver problemas, desarrollar explicaciones, llegar a conclusiones, tomar decisiones y aplicar su conocimiento a situaciones nuevas.

Para cada uno de estos tres dominios se han introducido un conjunto de Indicadores que van a permitir realizar una evaluación detallada del alumnado.

A partir de los dos programas citados, en nuestro modelo de Unidad Didáctica proponemos desarrollar la evaluación de la competencia científica apoyándonos, básicamente, en las ideas del TIMSS, ya que se identifica con las características epistemológicas de la ciencia como proceso y producto y, por ello, resulta fácilmente aplicable a la enseñanza de las ciencias; además, las pruebas que se proponen presentan cierta similitud con las utilizadas por los profesores españoles de Educación Secundaria; para evaluar las actitudes se ha tomado como referencia la propuesta que hace al respecto el programa PISA 2006. En este sentido, hemos asumido los tres dominios cognitivos organizados de acuerdo con el modelo seguido en la Unidad Didáctica para desarrollar la Selección de contenidos: Conocimientos, Capacidades y Actitudes. La relación propuesta es la siguiente:

- Para evaluar Conocimientos → Pruebas de Conocer/saber;
- Para evaluar Capacidades → Pruebas de Aplicar, Razonar y de Comunicar
- Para evaluar las actitudes → Pruebas de Actitudes

En cada uno de los dominios se definen los correspondientes *Indicadores de competencia* haciéndose una descripción de los mismos con el fin de facilitar la elaboración de las pruebas de evaluación. A su vez, para evaluar a los escolares, se establecen posibles *Grados de competencia* que podrán adoptar escalas de diferente naturaleza (1, 2 y 3; bajo, medio y alto, etc.). En la Figura 5 presentamos, a modo de ejemplo, los indicadores utilizados para evaluar el dominio Aplicar.

Indicadores	El alumno “es capaz de ...”:	Grado de competencia		
<b>A1. Comparar/ Clasificar</b>	Indicar un criterio(característica/propiedad) para distinguir/ ordenar objetos, materiales, procesos, etc.			
<b>A2. Interpretar información</b>	Extraer información de esquemas, gráficos, tablas, etc.			
<b>A3. Encontrar soluciones</b>	Aplicar de forma directa conceptos, leyes y/o principios para resolver situaciones cualitativas o cuantitativas.			
<b>A4. Usar modelos/ Explicar</b>	Identificar razones o dar explicaciones sobre fenómenos naturales usando modelos.			

**Figura 5.** Descripción de los Indicadores de competencia correspondientes al dominio Aplicar.

Los indicadores descritos tienen que considerar los correspondientes *Criterios de evaluación* oficiales, tal y como aparece en el [Anexo](#) donde se presenta el cuadro de evaluación de una UD sobre electricidad para 3º ESO con los correspondientes criterios e indicadores de evaluación.

Por otra parte, las pruebas de evaluación que se elaboren no pueden olvidar las concepciones alternativas más relevantes que se hayan incluido en la unidad, cuya superación, en mayor o menor grado, deberemos comprobar.

Obviamente, en cada UD se utilizarán solamente aquellos indicadores que se ajusten a los contenidos y a las intenciones evaluadoras de la misma; sin embargo, en el conjunto de las unidades que constituyen la programación de un determinado curso, deberán aparecer todos los Indicadores descritos, ya que el éxito que cada alumno consiga en el conjunto de las evaluaciones será un índice de su nivel de competencia científica.

## **Implementación del Modelo y su utilización por parte de los profesores en formación inicial**

Antes de que los estudiantes apliquen el Modelo para elaborar sus UD, cuyo título conocen desde principio del curso, se les inicia en el Modelo a lo largo de los bloques 1, 2 y 3 de las materias de DF y DQ.

En los bloques 1 y 2 los alumnos se familiarizan con los currículos escolares, realizan búsquedas bibliográficas sobre concepciones alternativas y empiezan a diferenciar entre conocimientos, capacidades y actitudes, correspondientes a los contenidos escolares, así como pruebas para la evaluación de la competencia científica. Por otra parte, en el bloque 3, los formadores presentamos ejemplos concretos sobre los apartados correspondientes al Modelo. Con este programa de actividades el alumnado está en disposición de enfrentarse al diseño de sus UD. Este planteamiento asegura la coherencia entre el modelo de enseñanza propuesto para los escolares y el desarrollado en la DF y DQ del MFPS; en esta línea Benarroch y miembros de APICE (2011) al referirse a las debilidades de la implementación de esta titulación al terminar su primer año afirman: *“La falta de coherencia entre los modelos de enseñanza utilizados y los que se pretenden que los futuros profesores apliquen en sus aulas”* (página 31).

En paralelo con el desarrollo de las materias los estudiantes deben trabajar en sus grupos sobre la UD fijada. Para ello se les asigna un tutor, de entre los profesores que imparten las asignaturas, con el fin de orientarles durante todo el proceso. Con esta finalidad se organizan seminarios temáticos, correspondientes a los cuatros epígrafes que constituyen el Modelo, que se desarrollan en horarios de clase con una periodicidad aproximada de un mes. En cada seminario están presentes uno o dos miembros de cada grupo de trabajo que, posteriormente, se encargan de trasladar al resto del grupo los logros alcanzados. En estas sesiones se resuelven las dudas concretas de los grupos y se profundiza en las temáticas específicas de cada UD.

Este procedimiento de trabajo se ha llevado a cabo en el curso 2012\_2013. En los precedentes la organización fue distinta. A cada grupo, desde el principio, se le asignaba un profesor-tutor que hacía el seguimiento y orientación para posibilitar el diseño de las unidades, en horario de tutorías.

En ambos procedimientos el producto final consiste en una memoria escrita y una exposición oral, defendida frente al resto de los compañeros y ante un tribunal constituido por tres de los formadores, excluyendo al correspondiente tutor. De esta forma, se trabajan aspectos de la competencia en comunicación propia de la titulación y sirve de preparación para la lectura y defensa de los Trabajos fin de Máster.

## **Reflexiones finales**

Hasta aquí hemos presentado una alternativa para los contenidos a desarrollar en las asignaturas de Didáctica de la Física y Didáctica de la Química para el Máster en Formación del profesorado de Educación Secundaria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.

Nuestra principal aportación es considerar la elaboración de unidades didácticas como la columna vertebral para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje y para su evaluación; son así el principal instrumento con el que contarán los futuros profesores para abordar, de forma inmediata el Practicum en centros de secundaria y, a medio plazo, para trabajar en la docencia con plena responsabilidad.

Para ello, hemos elaborado e implementada un *Modelo para el diseño de Unidades Didácticas* centrado en competencias, prioritariamente, en la competencia en el *Conocimiento e Interacción con el Mundo Físico*. Esta orientación esta presente en la selección de los contenidos, en las estrategias didácticas, en la elaboración de las actividades de aprendizaje para los escolares y, según se ha mostrado, en la evaluación. Las bases teóricas que subyacen en dicho modelo le aportan coherencia interna y, externa, en cuanto considera los fundamentos sobre aprender y enseñar actualmente consensuado en la comunidad científica de la didáctica de las ciencias. En este sentido, aportamos una visión de las UD donde los marcos teóricos de referencia en relación a qué es la ciencia, a cómo se aprende y a cómo se enseña están presentes favoreciendo la construcción de conocimiento didáctico sobre la física y la química por parte de los futuros profesores de Educación Secundaria.

Además, basándonos en la experiencia acumulada durante los cuatro años de existencia del MFPS, hemos indicado dos alternativas para abordar la elaboración de UD por parte de los futuros profesores de educación secundaria con la intención de ayudar a otros formadores en el desarrollo de su docencia. En el procedimiento basado en seminarios los estudiantes son más autónomos y todos los apartados del Modelo se desarrollan al unísono requiriendo por parte de los grupos una mayor capacidad de síntesis que, además, son los responsables últimos de velar por la coherencia interna de la UD. En el procedimiento basado en la tutela el proceso de diseño resulta más reflexivo pero más lento y, además, al seguirse de forma lineal los pasos del modelo la evaluación “se deja para el final” y se corre el riesgo de que se aborde de manera más colateral; en este caso la coherencia interna siempre está vigilada por el tutor. Desde el punto de vista temporal, la tutela requiere más tiempo tanto para estudiantes como para profesores que el trabajo por seminarios.

Después de estos cuatro cursos de impartir la Didáctica de la Física y de la Química los estudiantes han elaborado más de treinta unidades didácticas dirigidas a los diferentes cursos de ESO y Bachillerato y que cubren las distintas asignaturas específicas de Física y de Química. Estas producciones, acompañadas de las opiniones favorables del alumnado en relación a la utilidad del diseño y de la exposición oral para el aprendizaje, nos han permitido comprobar la validez y viabilidad del Modelo.

## Referencias bibliograficas

- Benarroch, A. y miembros de APICE (2011). Diseño y desarrollo del máster en profesorado de educación secundaria durante su primer año de implantación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), 20-40.
- Claxton, G. (1994). *Educación mentes curiosas*. Madrid: Visor.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041-1053.
- Coll, C. (1987). *Psicología y currículum*. Barcelona: Paidós.
- Duit, R. (2007). Science education research internationally: conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(1), 3-15.
- Evaluación General de Diagnóstico 2009. Marco de la evaluación. (2009). Instituto de Evaluación. Madrid: MEC. En: <http://educacion.gob.es/inee>

- Gil, D. y Gavidia, V. (1993). Propuesta A. En *Propuestas de secuencia. Ciencias de la Naturaleza*. Madrid: Escuela Española/MEC.
- Ibañez, M<sup>a</sup> T y Martínez Aznar, M<sup>a</sup> M. Solving problems in genetics II: conceptual restructuring. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1495-1519.
- Informe Rocard (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. En: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)
- Lijnse, P. y Klaassen, K. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26(5), 537-554.
- Mckinsey & Company. (2012). *Educación en España. Motivos para la esperanza*. En: [http://www.mckinsey.com/locations/madrid/recentreports/pdef/Educacion\\_en\\_Espana\\_Motivos\\_para\\_la\\_esperanza.pdf](http://www.mckinsey.com/locations/madrid/recentreports/pdef/Educacion_en_Espana_Motivos_para_la_esperanza.pdf)
- Mckinsey & Company. (2010). *How the world's most improved school systems keep getting better*. En: [http://www.mckinsey.com/locations/madrid/recentreports/pdef/Informe\\_Works\\_Improved.pdf](http://www.mckinsey.com/locations/madrid/recentreports/pdef/Informe_Works_Improved.pdf)
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup> M. y Varela Nieto, M<sup>a</sup> P. (2009). La resolución de problemas de energía en la formación inicial de maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(3), 343-360.
- Martínez Aznar, M<sup>a</sup> M. e Ibañez, M<sup>a</sup> T. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, 27(1), 101-121.
- Milner, B (1986) Why teach science and why to all? J. Nellist y B. Nicholl (Eds). *The ASE science teacher's handbook*, J. y, B. (Eds). Hutchinson/Association for Science Education.
- Nieda, J y Macedo, B. (1997) *Un Currículo Científico para Estudiantes de 11 a 14 año*. Santiago: OEI – UNESCO.
- Nieda, J. (1993). Concreción y secuenciación de algunos contenidos de Ciencias de la Naturaleza en la educación secundaria obligatoria. *Revista Aula de innovación educativa*, 11, 67-71.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections. A Report to the Nuffield Foundation*. London: The Nuffield Foundation,
- PISA (2006a). *Marco de la Evaluación Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. OCDE y Editorial Santillana, 2006. En: <http://educacion.gob.es/inee>
- PISA (2006b). *Informe Español*. Instituto de Evaluación, MEC.2007. En: <http://educacion.gob.es/inee>
- PISA (2006c). *Competencias científicas para el mundo de mañana*. OCDE y Editorial Santillana, 2008
- TIMSS (2007). *Assessment Frameworks. Marco teórico y especificaciones de evaluación para la prueba TIMSS de 2007*. En: [http://timss.bc.edu/TIMSS2007/PDF/T07\\_AF.pdf](http://timss.bc.edu/TIMSS2007/PDF/T07_AF.pdf)
- REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. B.O.E. de 5 de Enero de 2007.
- REAL DECRETO 1345/1991, de 6 de septiembre, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. B.O.E. de 13 de septiembre de 1991.
- Varela, M<sup>a</sup> P. y Martínez Aznar, M<sup>a</sup> M. (1998). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física. La resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15, 173-188.

\*\* Nuestro reconocimiento a los profesores M<sup>a</sup> Angeles Arillo y Josep Cervelló que han colaborado con nosotros en cursos anteriores.

## ANEXO

Relación entre los indicadores competenciales y los criterios de evaluación oficiales de la Comunidad de Madrid para una UD sobre Electricidad para 3º de ESO. En negrita se expresan los indicadores de evaluación en términos de conocimientos (C), capacidades (A para Aplicación, R para Razonar y CO para Comunicación) y actitudes (Ac).

Criterios de evaluación	Indicadores para la evaluación para Conocimientos, Capacidades y Actitudes
<p>1. <i>Determinar los rasgos distintivos del trabajo científico a través del análisis contrastado de algún problema científico o tecnológico de actualidad, así como su influencia sobre la calidad de vida de las personas.</i></p> <p>2. <i>Realizar correctamente experiencias de laboratorio propuestas a lo largo del curso, respetando las normas de seguridad</i></p> <p>3. <i>Describir las interrelaciones existentes en la actualidad entre sociedad ciencia y tecnología.</i></p> <p>11. <i>Demostrar una comprensión científica del concepto de energía. Razonar ventajas e inconvenientes de las diferentes fuentes. Enumerar medidas que contribuyen al ahorro energético. Explicar por qué la energía no puede reutilizarse sin límites.</i></p> <p>12. <i>Indicar las diferentes magnitudes eléctricas y los componentes básicos de un circuito. Resolver ejercicios numéricos de circuitos sencillos. Saber calcular el consumo eléctrico en el ámbito doméstico.</i></p> <p>13. <i>Diseñar y montar circuitos de corriente continua respetando las normas de seguridad en los que se puedan llevar a cabo mediciones de la intensidad de corriente y de diferencia e potencial, indicando las cantidades de acuerdo con la precisión del aparato.</i></p>	<p><i>El alumno, en contexto, debe ser competente para:</i></p> <p>1. Aplicar el principio de conservación de la energía eléctrica en circuitos <b>A3</b></p> <p>2. Reconocer los componentes básicos de un circuito <b>C1</b></p> <p>3. Comprender que la intensidad de corriente eléctrica se mantiene constante a partir de la aplicación de modelos <b>A4</b></p> <p>4. Describir las transformaciones energéticas de un aparato de uso cotidiano <b>C3</b></p> <p>5. Diseñar circuitos de corriente continua <b>R5</b></p> <p>6. Realizar medidas indicando la precisión de los aparatos <b>C4</b></p> <p>7. Explicar alguna aplicación de la inducción electromagnética <b>A4</b></p> <p>8. Clasificar las centrales eléctricas según que su energía primaria sea <i>renovable</i> o <i>no renovable</i> <b>A1</b></p> <p>9. Comparar las distintas formas de obtener energía eléctrica <b>A1</b></p> <p>10. Analizar las gráficas del funcionamiento de un central eólica <b>A2</b></p> <p>11. Analizar esquemas de las instalaciones eléctricas domésticas y su seguridad <b>A2</b></p> <p>12. Resolver el problema de enunciado abierto <i>¿Es razonable el consumo de energía eléctrica que hacemos en mi casa?</i> <b>R3, R4, R5, R6; R7, CO1, CO2 y Ac1</b></p> <p>13. Valorar la importancia de tomar las medidas con la precisión adecuada <b>Ac2</b></p> <p>14. Considerar factores sociales a la hora de elegir un electrodoméstico <b>Ac1</b></p>