

# La resolución de problemas profesionales como referente para la formación inicial del profesorado de física y química

M<sup>a</sup> Mercedes Martínez-Aznar<sup>1,a</sup>, Iñigo Rodríguez-Arteche<sup>1,b</sup>, Patricio Gómez-Lesarri<sup>2,c</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación–C.F.P., Universidad Complutense de Madrid. España.

<sup>2</sup>IES Ramiro de Maeztu. Madrid. España.

<sup>a</sup>mtzaznar@ucm.es, <sup>b</sup>inigo.rodriguez.a@gmail.com, <sup>c</sup>patriciogomezlesarri@gmail.com

[Recibido en abril de 2016, aceptado en septiembre de 2016]

La investigación en didáctica de las ciencias ha dado cuenta de múltiples propuestas y actividades para la formación científica de escolares de distintos niveles, pero la situación es distinta para la formación didáctica de los futuros profesores, y en especial para los de Secundaria. Con la intención de paliar estas carencias, este trabajo presenta una experiencia fundamentada de desarrollo de las asignaturas de *Didáctica de la física y de la química* del Máster en Formación del Profesorado de Secundaria (MFPS), y aporta su temporalización específica y la descripción de una serie de actividades que consideramos útiles para la formación inicial del profesorado. Esta propuesta, que parte de las creencias y concepciones alternativas, se centra en la construcción del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) de los futuros profesores a través de la resolución de problemas profesionales contextualizados, y para ello se utiliza como herramienta reflexiva el diseño de *Unidades Didácticas*.

**Palabras clave:** formación inicial del profesorado de secundaria; conocimiento didáctico del contenido; aprendizaje basado en problemas; unidades didácticas.

## Resolution of professional problems as a guide for initial physics and chemistry teacher training

Research in science education has given rise to a variety of proposals and activities for students at different school levels. However, this is not the case for the educational training of future teachers, especially for Secondary Education. With the intention of contributing to this issue, this paper presents a grounded experience for the development of the *Physics and Chemistry Education* subjects of the Spanish Master's in Secondary Education. As such, we incorporate their specific schedules, together with a series of useful activities for the teacher training process. Starting with the future teachers' beliefs, this proposal is based on their construction of Pedagogical Content Knowledge by solving contextualized professional problems. With that purpose, the design of *Teaching Units* is considered as a reflective tool in the process.

**Keywords:** preservice secondary teacher education; pedagogical content knowledge; problem-based learning; teaching units.

**Para citar este artículo:** Martínez-Aznar, M.M., Rodríguez-Arteche, I. y Gómez-Lesarri, P. (2017). La resolución de problemas profesionales como referente para la formación inicial del profesorado de física y química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (1), 162-180. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18854>

## Introducción

Como consecuencia de la convergencia reflejada en el Espacio Europeo de Educación Superior (EESS) y para contribuir a una renovación de la enseñanza, España cuenta con el Máster en Formación del Profesorado de Secundaria (MFPS). Esta titulación de carácter profesionalizante fue calurosamente recibida por la comunidad dedicada a la formación de profesores y a la enseñanza de las ciencias, a pesar de no colmar todas sus expectativas (Benarroch, 2011). Así, desde el curso 2009/10 distintos departamentos universitarios corren al cargo de su docencia para promover la construcción del conocimiento profesional del profesorado.

La implantación y desarrollo del máster ha sido objeto de diversos estudios, algunos de los cuales han dado lugar a un número monográfico en esta revista. Sin embargo, se viene constatando una escasez de trabajos sobre materiales y programas específicos de actividades dirigidos a la formación didáctica de los futuros docentes (Rivero, Martínez-Aznar, Pontes y Oliva, 2014; Jiménez-Tenorio y Oliva, 2016), referencias que serían de especial utilidad para los agentes implicados en el máster.

## Marco teórico

Hablar del MFPS requiere abordar la *profesionalidad docente*, que tiene un rasgo identificador que se refiere a la naturaleza del *conocimiento experto* que determina en los profesores el reconocimiento de pertenencia a un grupo legitimado social y epistemológicamente. Por ello, este conocimiento es un elemento fundamental que debe orientar el programa de formación, pero su determinación está claramente vinculada a las creencias sobre el trabajo del profesorado (Feiman-Nemser, 2001) y, consecuentemente, a las orientaciones formativas correspondientes. Este hecho invita a la reflexión y al debate sobre si el tipo de conocimiento que conforman los actuales programas de las Facultades es el deseable o no (Guisasola, Barragués y Garmendia, 2013; Perales *et al.*, 2014). En este sentido, Roth y Tobin (2001) hacían alusión a una «explosión» de conocimientos sobre teorías e investigación educativas incorporadas a los currículos a lo largo del s. XX, que agudiza si cabe la permanente controversia sobre lo que deben saber los profesores, cómo deben percibir el aprendizaje de sus alumnos y cómo deben ser formados y educados.

En relación con los *componentes y/o elementos de este conocimiento* y su naturaleza, existe un cierto consenso al incluir los conocimientos: del contexto, psicopedagógico, del contenido y didáctico del contenido (Shulman, 1987; Grossman, 1990; Nilsson, 2008). En primer lugar, como argumenta Hatch (1999), el formador tiene la obligación moral de incluir en sus programas el análisis de la enseñanza como trabajo, y abordar las condiciones en que se realiza el trabajo docente: el aula, el aprendizaje sobre las diversas culturas de los estudiantes, las tomas de decisiones docentes, el incremento en sus responsabilidades, etc. Asimismo, la psicología y pedagogía proporcionan información relevante para que el profesor pueda adecuar la materia objetivo de estudio a las diferentes edades y características de sus estudiantes.

Pasando ya a los elementos más estrechamente vinculados a las didácticas específicas, el *conocimiento del contenido* (CC) disciplinar es un componente del conocimiento del profesor asumido popularmente como «el principal». Este CC se refiere a la cantidad, calidad y organización de la información sobre las materias a enseñar (Zeidler, 2002), e incluye elementos *sintácticos* (aspectos ligados a la investigación, los problemas que originan la construcción del cuerpo de conocimiento y sus obstáculos epistemológicos, las interacciones CTSA y STEM...) y *sustantivos* (sobre el cuerpo de conocimiento disciplinar, incluyendo la habilidad del profesor para seleccionar contenidos relevantes y asequibles).

Diversas investigaciones han comprobado la necesidad profesional de poseer una comprensión conceptual profunda de los contenidos a enseñar, y que un CC fragmentado y pobremente organizado hace difícil acceder a este conocimiento durante la enseñanza y reconocer las dificultades conceptuales de los estudiantes (Nilsson, 2008; Käpylä, Heikkinen y Asunta, 2009). Sin embargo, a pesar de la importancia del CC, desde antiguo se ha sugerido su insuficiencia para explicar las estrategias docentes finalmente utilizadas por los profesores (Gess-Newsome y Lederman, 1995; Käpylä *et al.*, 2009). Por ello, resulta necesario considerar un constructo inicialmente desarrollado por Shulman, el *Conocimiento Didáctico del Contenido*

(CDC), que de acuerdo con otros autores (Abell, 2008; Hume y Berry, 2011; Garritz, 2013) se considera de gran utilidad para la formación inicial del profesorado.

Shulman (1986; 1987) definió el CDC (en inglés Pedagogical Content Knowledge o PCK) como la forma de representar el conocimiento disciplinar para que el alumnado pueda comprenderlo, identificándolo como una entidad que alcanza la dimensión de conocimiento disciplinar *para la enseñanza*, y que complementa la idea de «transposición didáctica» previamente introducida por Chevallard (1985). De esta forma, el CDC debe surgir de la integración del conocimiento sobre las materias a enseñar con otros propios de las disciplinas pedagógicas y, principalmente, de las didácticas específicas.

Inicialmente, Shulman distinguió dos componentes básicos del CDC: el conocimiento de un profesor sobre cómo aprende el alumnado y el relativo a la enseñanza de contenidos concretos (Acevedo, 2009), elementos que implican comprender aquello que los estudiantes encuentran confuso o difícil, además de un conocimiento de las analogías y otras formas de representación de los conceptos y procesos disciplinares. Ya en años posteriores, otros autores realizaron aportaciones al modelo propuesto inicialmente por Shulman. Así, Magnusson, Krajcik y Borko (1999), sobre un trabajo previo de Grossman (1990), pasaron a incluir cinco componentes del CDC: (i) conocimiento de los currículos científicos, (ii) comprensión de la ciencia por parte de los estudiantes, (iii) estrategias de enseñanza, (iv) evaluación y (v) las finalidades y objetivos que se pretenden con la enseñanza de las ciencias. Magnusson y otros (1999) se refirieron al aspecto (v) como «orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias», que corresponde a una idea de gran trascendencia en la investigación educativa: las «creencias profesionales». Además, Park y Oliver (2008), a partir de un análisis del rendimiento escolar, propusieron la *autoeficacia del profesor* como un sexto componente del CDC de tipo afectivo.

Estos y otros estudios han ido enriqueciendo la comprensión del CDC, posibilitando el desarrollo de modelos explicativos sobre su formación (Gess-Newsome, 1999), así como de herramientas y procedimientos para su identificación (Van der Valk y Broekman, 1999; Loughran, Mulhall y Berry, 2008; Alonzo y Kim, 2016). De esta forma, el CDC es un conocimiento de gran actualidad en la investigación educativa, donde a pesar de la existencia de ciertos debates, se detectan consensos sobre algunas de sus características fundamentales –recogidos, p. ej., en las revisiones de Acevedo (2009) y Garritz (2013)–. Se destaca la fuerte vinculación entre su desarrollo, la *práctica* docente y la *reflexión* asociada, su carácter *implícito*, su *especificidad* en relación a la enseñanza de contenidos específicos en contextos particulares, la *integración* de sus constituyentes en la planificación y práctica docentes, su naturaleza *activa* y *dinámica*, y su carácter *transformador* para la mejora de otros tipos de conocimiento.

Además, según diversos autores (p. ej., Abell, 2008; Loughran *et al.*, 2008), la construcción del CDC comienza en la formación inicial, es decir, resulta un conocimiento útil para el desarrollo de programas formativos. Ello supone promover situaciones sobre contenidos específicos y contextualizados que permitan a los futuros profesores reflexionar expresamente sobre cómo se desarrollarían dichos contenidos en la práctica docente (Käpylä *et al.*, 2009; Garritz, 2013), tomando como punto de partida el análisis de las propuestas o actuaciones de los formadores (como ejemplos de autoridad docente). Así, la literatura nos informa de programas formativos como los de Hume y Berry (2011) y Bertram (2014) que consideran prioritario el desarrollo del CDC (en los casos anteriores, sobre temáticas de «química cuantitativa» y el «espacio»), y donde se proporcionan herramientas como las *Representaciones del Contenido* –o CoRes, Content Representations (Loughran *et al.*, 2008)– para promover la reflexión de los estudiantes.

En esta dirección, nuestra propuesta asume la conveniencia de seguir un enfoque basado en la investigación sobre *problemas prácticos profesionales*, para ir más allá de un planteamiento de tipo atomista basado en la presentación de distintos contenidos de didáctica de las ciencias

(Zemba-Saul, Blumenfeld y Krajcik, 2000; Goodnough y Hung, 2008; Porlán *et al.*, 2010; Guisasola *et al.*, 2013). En un trabajo anterior (Martínez-Aznar, Varela, Ezquerro y Sotres, 2013) mostramos una experiencia de desarrollo de las asignaturas de didáctica centrado en el diseño de Unidades Didácticas, por parte de los futuros profesores, como herramienta para promover la construcción de CDC sobre contenidos curriculares específicos de física y química. Ahora, en este artículo presentamos una propuesta renovada, que incorpora como novedad la descripción de los problemas profesionales, actividades, seminarios... considerados en el desarrollo de las asignaturas. Es aquí cuando retomamos la idea expuesta en la introducción, acerca de la conveniencia de disponer de trabajos en revistas de investigación acerca de planteamientos y actividades concretas destinadas a la formación docente, aspecto sobre el que pretendemos realizar una contribución en este estudio.

## Objetivo

Este trabajo presenta una experiencia de desarrollo de las asignaturas de Didáctica de la Física (DF) y Didáctica de la Química (DQ) del MFPS, enmarcadas en el módulo específico de la especialidad correspondiente. El estudio se concreta en:

*Describir una propuesta formativa de carácter constructivista e innovador, basada en la resolución de problemas profesionales y elaboración de Unidades Didácticas, con la finalidad de favorecer la construcción de conocimiento didáctico del contenido (CDC).*

## Contexto del estudio

La Tabla 1 recoge las asignaturas del título y su distribución temporal en nuestra Universidad, para la especialidad de física y química. El módulo genérico y las asignaturas de DF, DQ e Investigación, innovación y diseño curricular las imparten profesores de la Facultad de Educación–C.F.P., y las restantes del módulo específico profesores de las facultades de origen.

**Tabla 1.** Organización temporal de las asignaturas de la especialidad de física y química del MFPS de la Universidad Complutense de Madrid (4 ECTS corresponden a 2,5 horas de clase semanales, y 5 ECTS a 3 horas de clase semanales).

| Periodo     | Octubre – Enero (periodo de clases)                                                   | Febrero – Abril (periodo de Practicum) |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Asignaturas | <b>Módulo genérico:</b>                                                               |                                        |
|             | Aprendizaje y desarrollo de la personalidad (4 ECTS)                                  |                                        |
|             | Procesos y contextos educativos (4 ECTS)                                              |                                        |
|             | Sociedad, familia y educación (4 ECTS)                                                |                                        |
|             | <b>Módulo específico:</b>                                                             | Practicum (12 ECTS)                    |
|             | Didáctica de la Física (DF) (5 ECTS)                                                  |                                        |
|             | Didáctica de la Química (DQ) (5 ECTS)                                                 | Trabajo Fin de Máster (6 ECTS)         |
|             | Investigación, innovación y diseño curricular (5 ECTS)                                |                                        |
|             | Las respuestas de la Física y la Química a los retos del mundo actual (5 ECTS)        |                                        |
|             | Complementos de Física o Complementos de Química (según titulación inicial) (10 ECTS) |                                        |

Según la ORDEN ECI/3858/2007, de 27 de diciembre, los planes de estudio para las materias de *Aprendizaje y enseñanza de las materias correspondientes a la especialización* del MFPS (concretadas como DF y DQ en nuestro caso) deben incluir como mínimo las siguientes competencias: «Conocer los desarrollos teórico-prácticos de la enseñanza y el aprendizaje de las materias correspondientes. Transformar los currículos en programas de actividades y de

trabajo. Adquirir criterios de selección y elaboración de materiales educativos. Fomentar un clima que facilite el aprendizaje y ponga en valor las aportaciones de los estudiantes. Integrar la formación en comunicación audiovisual y multimedia en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Conocer estrategias y técnicas de evaluación y entender la evaluación como un instrumento de regulación y estímulo al esfuerzo» (pág. 53753). Así, la adquisición de estas competencias por parte de los futuros profesores debe guiar los programas que se diseñen al respecto.

## Propuesta formativa para las asignaturas de didácticas específicas

Según se desprende del marco teórico presentado, la construcción del CDC se plantea a partir de la resolución de problemas profesionales, adoptándose una metodología indagativa con la intención de que el modelo formativo esté fuertemente vinculado al escolar propugnado para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias a nivel de secundaria (Comisión Europea, 2007). Ello se concreta en un enfoque activo de tipo «Problem/Project-Based Learning» —es decir, de tipo híbrido— (Prince y Felder, 2006), un método que ha mostrado su eficacia en otros programas de formación del profesorado (Steinkuehler, Derry, Hmelo-Silver y Delmarcelle, 2002; Goodnough y Hung, 2008). Así, el desarrollo de las asignaturas de didáctica incorpora una selección de problemas abiertos contextualizados en el trabajo docente —coherentes con las categorías del CDC de Magnusson *et al.* (1999)—, que permiten abordar los aspectos curriculares escolares: contenidos, competencias, metodología, evaluación... Estos problemas a su vez forman parte de un proyecto (Unidad Didáctica, UD) que integra todos los aspectos abordados en las asignaturas.

En términos generales, puede decirse que las asignaturas responden a los siguientes *principios*:

1. Se parte de las *creencias* del grupo-clase de futuros profesores acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje (Solís, Martín del Pozo, Rivero y Porlán, 2013), considerando debates, cuestionarios o pruebas iniciales. Igualmente, las *concepciones alternativas* recogidas en la literatura sobre contenidos de física y química (que pueden manifestar los propios estudiantes de máster) son un punto de partida de la propuesta, en línea con el conocido como «principio de isomorfismo» en la formación docente (Martínez-Aznar *et al.*, 2001).
2. El trabajo se organiza en *grupos cooperativos* conformados desde el principio del curso por los formadores, con el criterio de que cada uno cuente con al menos un físico y un químico. En todo momento los profesores de didáctica asumen el rol de guía y orientador, interviniendo cuando lo requieren los diferentes grupos para analizar sus soluciones (que son compartidas en el gran grupo) y, si fuera pertinente, exponer aspectos diversos sobre los contenidos involucrados (Hmelo-Silver, Duncan y Chinn, 2007).
3. Se considera necesario que los futuros profesores *vivan en primera persona* el aprendizaje a través de actividades escolares innovadoras (secuencias de Problem-Based Learning, actividades de modelización, experiencias TIC...), que deben responder a un contexto curricular específico (Zemba-Saul *et al.*, 2000) para que pueda contrarrestarse una cierta percepción de «irrelevancia» de las estrategias desarrolladas durante la formación inicial del profesorado (Loughran *et al.*, 2008), e igualmente contribuir al desarrollo del CDC.
4. Las experiencias docentes de los futuros profesores son generalmente inexistentes (a lo sumo en clases particulares), por lo que en estos momentos iniciales la reflexión sobre la propia práctica es inviable. Sin embargo, este inconveniente puede superarse parcialmente contando con formadores con experiencia en el desarrollo de estrategias docentes innovadoras. Así, la *observación del rol de los formadores* al implementar actividades escolares novedosas incluidas en «UDs-ejemplo» (que los futuros profesores deben resolver) se

considera una pieza clave para comenzar el proceso constructivo del CDC. Además, estas oportunidades activas de aprendizaje podrían conllevar transformaciones en los conocimientos y creencias de los futuros profesores (Pecore, 2012).

5. La *elaboración de UD's escolares* para la ESO y Bachillerato según el «Modelo para la elaboración de Unidades Didácticas» (Martínez-Aznar *et al.*, 2013) –su índice se muestra en el [Anexo 1](#)–, constituye una herramienta reflexiva que permite contribuir al desarrollo del CDC sobre contenidos diferentes a los ejemplificados por los formadores, posibilitando además el desarrollo de destrezas organizativas en un proceso activo de aprendizaje. Estas UD's se exponen al finalizar el curso, y son parte primordial de la evaluación y calificación de las asignaturas. Además, cabe destacar la coherencia del Modelo con otros instrumentos que contribuyen a la explicitación del CDC, como pueden ser los «CoRes» (Loughran *et al.*, 2008) –nuestro modelo requiere una formulación precisa de las *competencias* que el alumno debe adquirir, como se analizará posteriormente– o la «preparación de lecciones» (Van der Valk y Broekman, 1999).

Sobre estos principios y la base estructural de nuestro trabajo anterior, la Tabla 2 recoge el planteamiento y calendario de las asignaturas en el último curso (2015-16). Según se aprecia, se distinguen sesiones *específicas* de Didáctica de la Física (DF) y Didáctica de la Química (DQ) –de 90 min de duración– y sesiones *comunes* de 3 horas de duración y a cargo de solo uno de los formadores. Esta organización es posible debido a la impartición consecutiva de ambas asignaturas, lo que facilita un mejor aprovechamiento del tiempo y el refuerzo de competencias a abordar. La información necesaria para que los estudiantes resuelvan los problemas profesionales y construyan los conocimientos sobre los contenidos didácticos de las asignaturas (artículos de investigación, materiales elaborados expresamente sobre aprendizaje, evaluación, selección de contenidos, etc., y «UD's-ejemplo» siguiendo el modelo elaborado para el máster) están a su disposición en el Campus Virtual.

La *sesión 1* se destina a la presentación de la asignatura: la titulación y el EEES, finalidad (en términos de competencias profesionales y de la ORDEN ECI/3858/2007), la enseñanza de la física y química en secundaria (Comisión Europea, 2007), el CDC como idea fuerza para la formación inicial de profesores, aspectos organizativos (sesiones de clase, campus virtual), contenidos, metodología de aula y evaluación.

Se distribuye y cumplimenta el cuestionario «Pensamiento Curricular y Profesional» –diseñado a partir del presentado en (Martínez-Aznar *et al.*, 2001)–, y después se identifican conjuntamente las dimensiones que contempla, y se abordan aquellos ítems que han resultado dudosos o llamativos. Haciendo un paréntesis, se puede indicar que los estudiantes reconocen no comprender que haya diferencia entre los contenidos escolares y el conocimiento científico, el que las ideas de los alumnos sean un conocimiento alternativo con el que deba trabajarse en el aula, y el que para ser profesor de F/Q haga (o no haga) falta ser graduado en física o química específicamente. Finalmente, el formador indica que al final del curso volverán a cumplimentar este cuestionario.

Seguidamente, se plantea la cuestión *¿qué deberían saber y ser capaces de hacer los profesores?* (Cochran-Smith, 2001), que se trabaja individualmente durante diez minutos y luego se reelabora en el grupo-clase. Con esta actividad se introducen los conocimientos profesionales, haciendo especial hincapié en el CDC, y la Didáctica de las Ciencias Experimentales como disciplina. Esto último es de gran relevancia pues los futuros profesores no tienen constancia de la existencia de una comunidad que investiga en temas relacionados con la enseñanza, el aprendizaje, la formación de profesores de ciencias, etc.

**Tabla 2.** Temporalización de las asignaturas de Didáctica, distinguiéndose sesiones comunes (C) de 3 horas y específicas (E) de 1,5 horas *para cada una de las didácticas*. En cursiva se indica los «problemas profesionales» que promueven el desarrollo de los contenidos. Las sesiones en que los estudiantes elaboran sus Unidades Didácticas están en sombreado.

| Sesión | Contenidos y actividades a desarrollar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Organización |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación de asignaturas (finalidad, competencias, metodología, evaluación, etc.)</li> <li>• Cuestionario inicial de creencias</li> <li>• <i>¿Qué deberían saber y ser capaces de hacer los profesores de física y química?</i> Conocimientos profesionales</li> <li>• Didáctica de las Ciencias Experimentales como disciplina</li> </ul> | C            |
| 2      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de grupos y adjudicación de Unidades Didácticas</li> <li>• <i>¿Cómo diseñamos nuestra Unidad Didáctica? ¿Qué elementos debe contener?</i></li> <li>• Modelo para la elaboración de Unidades Didácticas</li> <li>• Competencia científica</li> </ul>                                                                              | C            |
| 3      | Diseño de Unidades Didácticas: selección de contenidos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | E            |
| 4      | • Selección de contenidos: transposición didáctica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | C            |
| 5      | • Teorías del aprendizaje: Constructivismo y cambio conceptual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | C            |
| 6      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>¿Cómo se pueden seleccionar los contenidos para diseñar una Unidad Didáctica?</i> Ejemplificaciones</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                             | E            |
| 7      | Diseño de Unidades Didácticas: tipos de contenidos y sus relaciones. Competencias                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | E            |
| 8      | • Las TIC como recurso para diseñar actividades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | C            |
| 9      | Diseño de Unidades Didácticas: elaboración de actividades.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | E            |
| 10-16  | • <i>¿Cómo se pueden diseñar actividades?</i> Ejemplificaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | E            |
| 17     | Diseño de Unidades Didácticas: reestructuración y ampliación de actividades                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | E            |
| 18     | • La evaluación en las Unidades Didácticas. Finalidades e indicadores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | C            |
| 19     | • <i>¿Cómo se pueden evaluar las actividades y diseñar pruebas para una UD?</i> Ejemplificaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                      | E            |
| 20     | Diseño de Unidades Didácticas: evaluación de actividades y pruebas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | E            |
| 21     | Visita de dos profesores en ejercicio que plantean actividades para el contexto de centros tecnológicos, y para el programa de diversificación curricular / mejora del aprendizaje y del rendimiento                                                                                                                                                                                   | C            |
| 22     | Trabajo cooperativo de recapitulación, revisión y finalización de las UD's<br>• Cuestionario final de creencias                                                                                                                                                                                                                                                                        | E            |
| 23-24  | <i>Exposiciones orales de las Unidades Didácticas</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |

En la *sesión 2* se sortea la temática de las Unidades Didácticas (UDs) de física y de química elegidas por los formadores (p. ej., «Las fuentes de energía: clave para el desarrollo sostenible», «Propiedades de las sustancias y enlace. Estudio experimental»...) que deberán diseñarse en los grupos cooperativos de trabajo. La intención es que durante el proceso de elaboración de las mismas se realice una transposición didáctica promovida por su reflexión. Cabe indicar que en cada asignatura se destina tiempo al desarrollo específico de las UD's (cada grupo debe diseñar una para DF y otra para DQ).

A continuación se plantean las preguntas: *¿cómo diseñamos nuestra Unidad Didáctica?, ¿qué elementos debe incluir?* Tras indicarse qué es una UD, los grupos plantean sus ideas y dudas respecto a las cuestiones anteriores. Generalmente se alude al uso de los libros de texto para seleccionar los contenidos y a la evaluación como la mayor preocupación, aunque esta se limita a contenidos conceptuales y mediante ejercicios. El paso siguiente es la presentación del «Modelo para la elaboración de Unidades Didácticas» como referencia para su diseño (Martínez-Aznar *et al.*,

2013). Además, por la novedad que supone a nivel curricular, se aborda y desarrolla el tema de la *competencia científica*.

En la *sesión 3*, realizada de forma separada, cada grupo cooperativo comienza a seleccionar los contenidos correspondientes a su UD. Esto supone revisar el currículo oficial para identificarlos, ya sea de forma directa o indirecta. Es el momento para analizar los elementos del currículo y detenerse en sus bloques de contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje.

La *sesión 4* se destina a responder *¿qué física/química enseñar?* y *¿qué es la ciencia escolar?* Tras un tiempo de trabajo en los grupos cooperativos, el formador introduce expresamente la noción de «transposición didáctica» (Chevallard, 1985), y para trabajar sobre ella los grupos realizan un análisis de distintos libros de texto seleccionados por los formadores (algunos de ellos contemplan la transposición a lo largo de la ESO y el Bachillerato, mientras que otros se centran en un conocimiento experto de corte académico).

La *sesión 5* comienza solicitándose a los futuros profesores que resuelvan una serie de actividades sobre física y química, destinadas a la identificación y detección de «concepciones alternativas» (Driver, 1988). En esta clase, además de considerar actividades escolares, se proponen otras que pueden resultar verdaderos retos para los estudiantes de máster. Las resoluciones se ponen en común en el gran grupo, y posteriormente se analiza su intencionalidad y las dificultades u obstáculos que subyacen, dando pie a introducir expresamente la idea de «concepciones alternativas», aspecto de crucial importancia para el aprendizaje, y en la investigación en didáctica de las ciencias.

La *sesión 6*, diferenciada por asignaturas, aborda la selección de contenidos. Para ello se recurre a las UD's diseñadas por los formadores siguiendo el modelo propuesto (*UD's-ejemplo*), y que representan ejemplificaciones de contenidos contextualizados para diferentes cursos de secundaria (en las sesiones siguientes se recurrirá a estos materiales). Sus títulos son: «La energía electromagnética: sin duda, la más aprovechable» (3º ESO), «Ondas y luz en el tiempo» (2º Bachillerato), «Unidad y diversidad de materiales en la naturaleza» (3º ESO) y «Cambio y diversidad en la naturaleza» (3º ESO).

En la Tabla 3 se recoge un ejemplo, para uno de los bloques de la «UD-ejemplo» sobre electricidad, de cómo los contenidos se formulan considerando competencias formuladas de forma precisa (el estudiante debe saber que / ser capaz de / implicarse en...), aspecto que consideramos de utilidad para la construcción de CDC. Ello constituye una herramienta para guiar el diseño de las secuencias de actividades y el sistema de evaluación, favoreciendo la reflexión sobre las concepciones alternativas del alumnado en todo este proceso (Loughran *et al.*, 2008). Por completitud, cabe indicar que nuestro trabajo previo (Martínez-Aznar *et al.*, 2013) incluye una tabla semejante para la UD «Cambio y diversidad en la naturaleza».

En la *sesión 7* los grupos cooperativos abordan la selección de contenidos para sus correspondientes UD's. Es decir, reflexionan sobre cómo transformar los contenidos genéricos del currículo en los conocimientos, capacidades y actitudes específicos que deberán construir los escolares, y que son rasgos identificativos de la competencia científica.

La *sesión 8* se dedica a recursos TIC, y la novena a que los grupos colaborativos comiencen a elaborar actividades para orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje de sus correspondientes UD's. Tomando esta *sesión 9* como referencia, las siete sesiones siguientes (*sesiones 10-16*) se dedican a la implementación de una serie de actividades incluidas en las «UD's-ejemplo» de los formadores que deberán ser resueltas por los futuros profesores, además de a continuar el diseño de sus propias actividades escolares.



**Tabla 3.** Organización competencial de los contenidos para uno de los bloques de la UD «La energía electromagnética: sin duda, la más aprovechable».

| <b>Conocimientos</b> ( <i>El estudiante debe saber que</i> )                                                                                                                                                                                                      | <b>Capacidades</b> ( <i>El alumno debe ser capaz de</i> )                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Actitudes</b> ( <i>El alumno debe implicarse en—</i> )                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Un circuito debe estar cerrado para que funcione.                                                                                                                                                                                                                 | Interpretar y realizar esquemas de circuitos eléctricos.                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| En un circuito la energía se conserva y se transforma de unos tipos en otros.                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar en circuitos serie con bombillas, resistencias y motores la conservación del voltaje con la conservación de la energía.</li> <li>- Analizar las transformaciones energéticas que se producen en los citados elementos.</li> </ul>                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- La corriente eléctrica es un movimiento ordenado de cargas.</li> <li>- La carga dentro de un circuito se conserva; las cargas “no salen de la pila, fluyen por el circuito y se gastan a lo largo del mismo”.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobar con materiales de uso cotidiano que unos conducen y otros no.</li> <li>- Utilizar la constancia de la corriente para predecir lo que ocurre en un circuito serie con bombillas y resistencias.</li> </ul>                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| El voltaje es la causa de que la corriente circule, y no la consecuencia.                                                                                                                                                                                         | Predecir el comportamiento de circuitos sencillos reconociendo que puede haber voltaje sin que circule la corriente, y comprobarlo de forma experimental utilizando amperímetros y voltímetros.                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Los elementos de un circuito se caracterizan por su resistencia y su potencia eléctrica.                                                                                                                                                                          | Identificar el valor de las resistencias a partir del código de colores; identificar la potencia de los aparatos.                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- La intensidad que pasa por un elemento depende del voltaje que se le aplica y de su resistencia.</li> <li>- Las resistencias se pueden asociar de diferentes maneras: serie, paralelo y mixta.</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar montajes y mediciones con amperímetros y voltímetros (indicando su precisión).</li> <li>- Deducir la ley de Ohm a partir de datos empíricos.</li> <li>- Hacer cálculos con magnitudes eléctricas; expresar los resultados con las cifras significativas correctas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integrarse y cooperar en proyectos cooperativos, valorando la contribución de cada miembro del grupo.</li> <li>- Cuidar el material de laboratorio y respetar las normas de seguridad.</li> <li>- Valorar la importancia de tomar las medidas con las unidades y precisión adecuadas.</li> </ul> |

El punto de partida de las actividades incluidas en las ejemplificaciones ya mencionadas es la detección de concepciones alternativas. Igualmente, para promover el cambio conceptual y la construcción de los conocimientos requeridos, las «UDs-ejemplo» incorporan estrategias y herramientas didácticas como la indagación, la elaboración y utilización de modelos teóricos (para predecir e interpretar fenómenos científicos) o las TIC como recurso; a continuación expondremos varios ejemplos.

Para el caso concreto de la Didáctica de la Química, cabe indicar que la finalidad de las dos «UDs-ejemplo» es que los escolares construyan el concepto de *sustancia*, y sean capaces de explicar sus cambios físicos y químicos a partir de «modelos teóricos intermediarios» – cinético-molecular, atómico de Dalton y *estructural*– (Clement, 2000). Para lograr estos fines, se consideran diversos problemas abiertos de tipo académico y carácter experimental, que tienen en cuenta las concepciones alternativas de los escolares. Como ejemplo, la Tabla 4 muestra la secuencia de problemas abiertos escolares considerada en la segunda UD, «Cambio y diversidad en la naturaleza», y una justificación de cómo estos problemas permiten cubrir los requerimientos curriculares sobre cambios físicos y químicos para 3º de ESO.

**Tabla 4.** Secuencia de problemas abiertos de la UD «Cambio y diversidad en la naturaleza» para abordar los requerimientos curriculares de 3º de ESO.

| Contenidos                          | Criterios de evaluación                                                                                                        | Secuencia de problemas                                                            |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Cambios físicos y químicos          | Distinguir entre cambios físicos y químicos mediante la realización de experiencias sencillas.                                 | <i>¿Qué puede ocurrir...</i><br>1. ...cuando dos sustancias se ponen en contacto? |
| Reacción química                    | Caracterizar las reacciones químicas como cambios de unas sustancias en otras.                                                 | 2. ...cuando a una sustancia se le añade agua?                                    |
| Cálculos estequiométricos sencillos | Describir a nivel molecular el proceso por el cual los reactivos se transforman en productos.                                  | 3. ...cuando se calienta una sustancia?                                           |
| Ley de conservación de la masa      | Deducir la ley de conservación de la masa y reconocer reactivos y productos a través de experiencias sencillas de laboratorio. | 4. ...cuando una sustancia se pone en contacto con la corriente eléctrica?        |

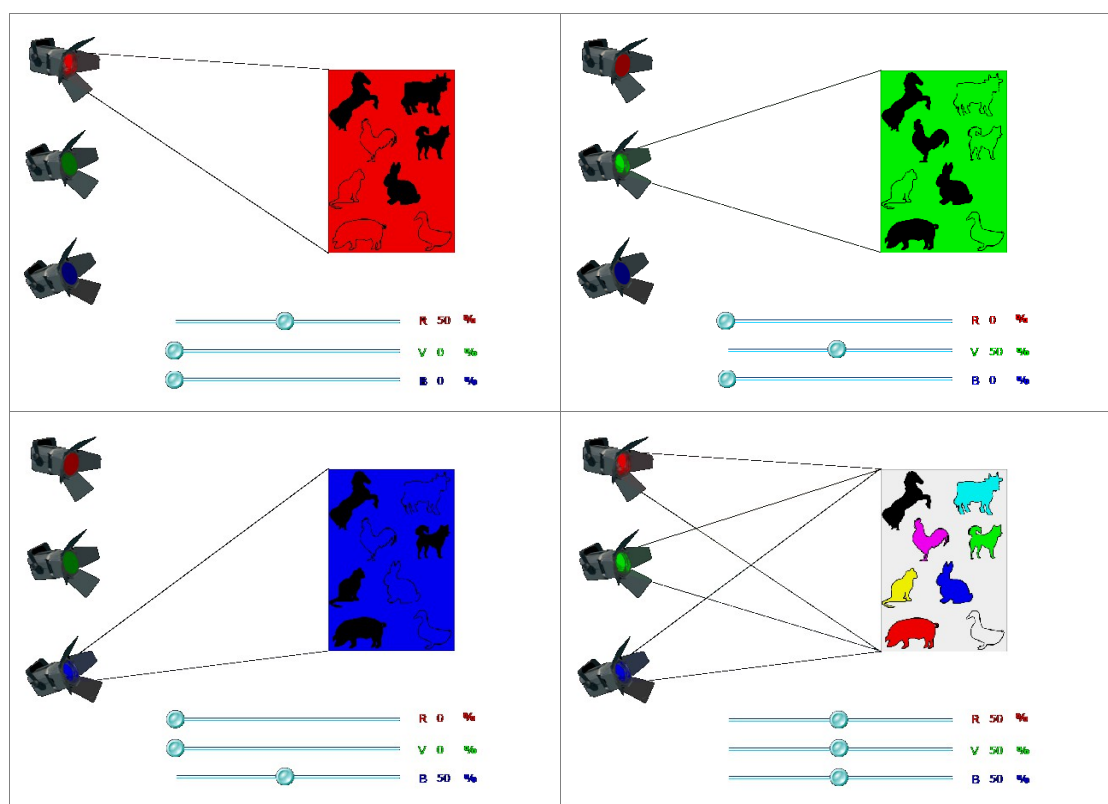
Por otra parte, debido al carácter novedoso de las metodologías Inquiry-Based Science Education (IBSE), es preciso que los futuros profesores cuenten con experiencias de trabajo y aprendizaje mediante las mismas, por lo que se requiere que resuelvan los problemas escolares de la Tabla 4 por ellos mismos, asumiendo el rol de sus futuros alumnos de secundaria. Para ello, entre los posibles enfoques IBSE se ha elegido la *Metodología de Resolución de Problemas como Investigación* –MRPI– (Martínez-Aznar e Ibáñez, 2005; Rodríguez-Arteche y Martínez-Aznar, 2016), método que consta de 5 fases que deben entenderse de forma cíclica para trabajar los aspectos conceptuales y procedimentales de los problemas. El [Anexo 2](#) muestra una guía detallada sobre cómo se ha implementado el Problema 1 de la Tabla 4, que además puede ser de utilidad para los lectores ya que gran parte de las publicaciones sobre métodos IBSE se centran en los resultados finales de los aprendizajes, y no tanto en los procesos que los posibilitan.

En la asignatura de Didáctica de la Física, la primera «UD-ejemplo» consta de dos grandes bloques. El primero de ellos corresponde a la electricidad y los circuitos eléctricos, y se considera una estrategia de «programa de actividades» para poder superar diversas concepciones alternativas sobre la temática –razonamiento secuencial, modelos de circulación de la corriente no conservativos, etc. (Varela, 1994)– y abordar los requerimientos curriculares. En el segundo bloque se trabaja la producción de la energía eléctrica y sus fuentes, para terminar desarrollando su consumo y la noción de sostenibilidad, es decir, problemáticas de tipo CTSA, a través de problemas indagativos como «¿Es razonable el consumo de energía eléctrica que hacemos en nuestras casas?» (Martínez-Aznar y Varela, 2009).

Por otra parte, la UD «Ondas y Luz en el tiempo», para 2º de Bachillerato, incorpora aspectos históricos relacionados con la temática en el desarrollo de las actividades. Además, como ejemplo de otra metodología de tipo IBSE, incluye actividades *Just-in-time* (Prince y Felder, 2006) utilizando la aplicación SurveyMonkey. Para promover el aprendizaje de este método, los futuros profesores comienzan respondiendo (de forma individual) preguntas como: «¿De qué color vemos una toalla roja si la iluminamos con luz azul?» Después, trabajando en sus grupos cooperativos analizan los resultados obtenidos por el grupo-clase en términos de frecuencias (mostrados en la pantalla), y discuten posibles cambios en las respuestas individuales pudiendo utilizar laboratorios virtuales como el mostrado en la Figura 1.

Volviendo a la temporalización de la Tabla 2, cabe decir que en la *sesión 17*, tras el trabajo sobre las actividades de las «UDs-ejemplo», los estudiantes de máster revisan en conjunto las actividades diseñadas para sus UD. En todo momento se hace hincapié en la necesaria *coherencia* entre todos los componentes de la UD (contenidos curriculares / concepciones

alternativas / conocimientos, capacidades y actitudes competenciales / secuencias de actividades).



**Figura 1.** Laboratorio virtual para abordar *el color de lo que nos rodea* en la UD «Ondas y luz en el tiempo». La autoría del recurso corresponde a <http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/>

A continuación, la *sesión 18* común a ambas asignaturas se destina a la *evaluación*, abordándose su finalidad y posibles indicadores para determinarla. Así, se hace referencia a los programas TIMSS y PISA, que al concebir la ciencia como «proceso y producto» y presentar indicadores específicos para la competencia científica, han sido considerados en la elaboración de nuestro modelo (Martínez-Aznar *et al.*, 2013).

Ya en la *sesión 19* y para ambas asignaturas, se proponen ejemplos de pruebas para evaluar los aprendizajes de las «UDs-ejemplo», junto con los correspondientes indicadores –como apunte, decir que los correspondientes a la UD «La energía electromagnética» se mostraron en (Martínez-Aznar *et al.*, 2013)–. De esta forma, se posibilita que en la siguiente clase (*sesión 20*) los grupos cooperativos diseñen sus actividades para la evaluación.

Para la *sesión 21* se invita a dos profesores en ejercicio, para presentar actividades dirigidas a Diversificación Curricular / Programa de Mejora del Aprendizaje y del Rendimiento, y para el contexto de centros tecnológicos. A continuación, en la *sesión 22* los futuros docentes deben revisar y finalizar sus UD, analizando críticamente su coherencia interna. Además, en esta sesión los estudiantes vuelven a cumplimentar el cuestionario de creencias inicial (su estudio será objeto de un próximo trabajo), e igualmente se realiza una *recapitulación* del curso antes de las jornadas destinadas a la comunicación oral de las UD ante los formadores y el resto de compañeros. Los órdenes de actuación se deciden por sorteo.

En las presentaciones (*sesiones 23-24*), todos los componentes del grupo deben participar de forma equitativa, presentar los aspectos fundamentales de sus propuestas didácticas y responder a las preguntas que se les realice durante el debate. Los documentos de las UD's y los recursos tecnológicos utilizados en las presentaciones se alojan en el Campus Virtual, y quedan a disposición de todo el grupo-clase. Finalmente, para la evaluación y calificación de los futuros profesores, en cada asignatura se considera la Unidad Didáctica correspondiente (elaborada en grupo), un ejercicio escrito individual y las actividades de aula desarrolladas durante el curso.

## Consideraciones finales

En el presente trabajo se ha desarrollado un programa formativo para las asignaturas de Didáctica de la Física y Didáctica de la Química del MFPS, con la finalidad de que los futuros profesores inicien la construcción de su CDC, y un énfasis especial en el dominio de las características y elementos de la competencia científica (como componentes del CDC).

Una de las premisas distintivas del programa presentado es la de ofrecer vivencias de aprendizaje de corte constructivista, por la novedad que pueden suponer para el futuro profesorado. Por este motivo, las actuaciones de los profesores de didáctica (y la observación por parte de los estudiantes de sus roles) como *modelos de actuación* en el proceso de enseñanza-aprendizaje resultan fundamentales, y máxime en estos momentos en que los estudiantes de máster carecen de experiencia docente. De acuerdo con la literatura (Abell, 2008; Loughran *et al.*, 2008), ello permite promover una primera reflexión sobre la práctica (eje central del CDC), a través del análisis de las Unidades Didácticas diseñadas e implementadas por los formadores para trabajar sobre contenidos escolares contextualizados.

Por otra parte, por las limitaciones inherentes a la formación inicial del profesorado, la promoción del desarrollo del CDC para toda la variedad temática que puede necesitar un profesor de física y química resulta inviable (Magnusson *et al.*, 1999). Por este motivo, de acuerdo con autores como Zembal-Saul *et al.* (2000), creemos muy valioso el abordar un «marco de referencia» con el que afrontar nuevos contenidos, que en nuestro caso se concreta en la elaboración de Unidades Didácticas como producto final de las asignaturas de didáctica. Además, este proceso conlleva tener en cuenta cómo realizar una «transposición didáctica» para promover, por ejemplo, el primer aprendizaje de un escolar sobre el enlace químico, un reto importante cuya resolución puede generar satisfacción y motivación hacia la profesión.

Un aspecto que consideramos no menos importante es el de demandar una vinculación real de estas asignaturas con el Practicum y el TFM (Solbes y Gavidia, 2013), lo que implica una perfecta coordinación entre tutores y mentores para propiciar oportunidades donde los futuros profesores puedan reforzar los conocimientos y estrategias metodológicas adquiridas durante la primera fase del Máster (y no suceda el proceso inverso). En este sentido, creemos conveniente terminar este artículo destacando la relevancia de todos los agentes implicados en la formación del profesorado en pos de una renovación de la enseñanza: solo a través de una formación docente adecuada y valiosa podremos conseguir el éxito en los aprendizajes científicos de los futuros ciudadanos.

Finalmente, se abre una línea de investigación para poder identificar el cambio en las *creencias profesionales* de los futuros profesores como consecuencia de la implementación de esta propuesta formativa (Solís *et al.* 2013), así como para analizar las Unidades Didácticas elaboradas durante las asignaturas, como punto de partida para la construcción del CDC del futuro profesorado.

## Agradecimientos

A los compañeros que han compartido la docencia en las asignaturas de Didáctica de la Física y de la Química desde el inicio del Máster, y a todos los estudiantes que las han cursado.

## Referencias bibliográficas

- Abell, S.K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- Acevedo, J.A. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): El marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 21-46.  
[http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen6/Numero\\_6\\_1/Acevedo\\_2009a.pdf](http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen6/Numero_6_1/Acevedo_2009a.pdf)
- Alonzo, A.C. y Kim, J. (2016). Declarative and dynamic pedagogical content knowledge as elicited through two video-based interview methods. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(8), 1259-1286.
- Benarroch, A. (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. <http://hdl.handle.net/10498/10203>
- Bertram, A. (2014). CoRes and PaP-eRs as a strategy for helping beginning primary teachers develop their pedagogical content knowledge. *Educación Química*, 25(3), 292-303.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041-1053.
- Cochran-Smith, M. (2001). The outcomes question in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 17(6), 527-546.
- Comisión Europea (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe* ("Informe Rocard"). Recuperado de:  
[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)
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 109-120.
- Feiman-Nemser, S. (2001). From preparation to practice: Designing a continuum to strengthen and sustain teaching. *Teachers College Record*, 103(6), 1013-1055.
- Garritz, A. (2013). PCK for dummies. *Educación Química*, 24, 462-465.
- Gess-Newsome, J. y Lederman, N.G. (1995). Biology teachers' perceptions of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 301-325.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. En J. Gess-Newsome y N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer.
- Goodnough, K.C. y Hung, W. (2008). Engaging teachers' Pedagogical Content Knowledge: Adopting a nine-step Problem-Based Learning Model. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 2(2), 61-90.

- Grossman, P.L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Guisasola, J., Barragués, J.I. y Garmendia, M. (2013). El Máster de Formación Inicial del Profesorado de Secundaria y el conocimiento práctico profesional del futuro profesorado de Ciencias Experimentales, Matemáticas y Tecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 568-581.  
<http://hdl.handle.net/10498/15614>
- Hatch, J.A. (1999). What preservice teachers can learn from studies of teachers' work? *Teaching and Teacher Education*, 15(3), 229-242.
- Hmelo-Silver, C.E., Duncan, R.G. y Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.
- Hume, A. y Berry, A. (2011). Constructing CoRes – a strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41(3), 341-355.
- Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J.M. (2016) Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 121-136. <http://hdl.handle.net/10498/18018>
- Käpylä, M., Heikkinen, J-P. y Asunta, T. (2009). Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, 31(10), 1395-1415.
- Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1301-1320.
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome y N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Martínez-Aznar, M.M., Martín del Pozo, R., Rodrigo, M., Varela, M.P., Fernández-Lozano, M.P., Guerrero-Serón, A. (2001). ¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de Secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 67-87.
- Martínez-Aznar, M.M. e Ibáñez, M.T. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, 27(1), 101-121.
- Martínez-Aznar, M.M., y Varela, M.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.M., Varela, M.P., Ezquerra, A. y Sotres, F. (2013). 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. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 616-629.  
<http://hdl.handle.net/10498/15617>
- Nilsson, P. (2008). Teaching for understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1281-1299.



- Park, S. y Oliver, J.S. (2008). Revisiting the conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Pecore, J.L. (2012). Beyond beliefs: Teachers adapting problem-based learning to preexisting systems of practice. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7(2), 7-33.
- Perales, F.J., Cabo, J.M., Vílchez, J.M., Fernández, M., González, F., Jiménez, P. (2014). La reforma de la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria: Propuesta de un diseño del currículo basado en competencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 9-28.
- Porlán, R., Martín del Pozo, R., Rivero, A., Harres, J., Azcárate, P. y Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: Marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46.
- Prince, M.J. y Felder, R.M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138.
- Rivero, A., Martínez-Aznar, M.M., Pontes, A. y Oliva, J.M. (2014). ¿Qué estamos enseñando y qué deberíamos enseñar desde la didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado de secundaria? *Mesa redonda presentada a los 26º Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Septiembre. Universidad de Huelva-ÁPICE.
- Rodríguez-Arteche, I. y Martínez-Aznar, M.M. (2016). Introducing inquiry-based methodologies during initial secondary education teacher training using an open-ended problem about chemical change. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1528-1535.
- Roth, W-M. y Tobin, K. (2001). Learning to teach science as practice. *Teaching and Teacher Education*, 17(6), 741-762.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Reseracher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Solbes, J. y Gavidia, V. (2013). Análisis de las especialidades de Física y Química y de Biología y Geología del máster de profesorado de educación secundaria de la Universidad de Valencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 582-593. <http://hdl.handle.net/10498/15615>
- Solís, E., Martín del Pozo, R., Rivero, A. y Porlán, R. (2013). Expectativas y concepciones de los estudiantes del MAES en la especialidad de Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 496-513. <http://hdl.handle.net/10498/15610>
- Steinkuehler, C.A., Derry, S.J., Hmelo-Silver, C.E. y Delmarcelle, M. (2002). Cracking the resource nut with distributed problem-based learning in secondary teacher education. *Distance Education*, 23(1), 23-39.
- Van der Valk, T. y Broekman, H. (1999). The lesson preparation method: A way of investigating pre-service teachers' pedagogical content knowledge. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 11-22.
- Varela, M.P. (1994). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. <http://eprints.ucm.es/2240>

- Zeidler, D.L. (2002). Dancing with maggots and saints: Visions for subject matter knowledge, pedagogical knowledge and pedagogical content knowledge in science teacher education reform. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 27-42.
- Zemba-Saul, C., Blumenfeld, P. y Krajcik, J. (2000). Influence of guided cycles of planning, teaching, and reflection on prospective elementary teachers' science content representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 318-339.



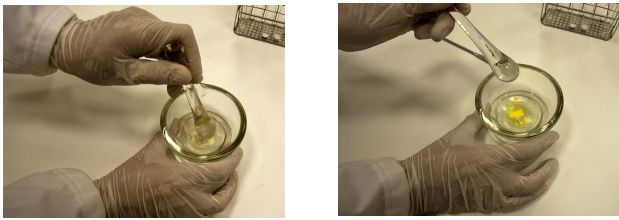
**Anexo 1****Tabla 1:** Índice de contenidos del «Modelo para la elaboración de Unidades Didácticas» diseñado para la Didáctica de la Física y la Didáctica de la Química del MFPS.

| <b>Modelo para la elaboración de Unidades Didácticas</b>                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. ANÁLISIS DEL CONTEXTO</b><br>1.1. Características del Centro<br>1.2. Profesorado y experiencia docente<br>1.3. El currículo escolar<br>Resumen de acciones                                                                   |
| <b>2. ANÁLISIS DIDÁCTICO</b><br>2.1. Características del alumnado. Concepciones alternativas<br>2.2. Selección de contenidos (conocimientos, capacidades y actitudes)<br>2.3. Relación entre los contenidos<br>Resumen de acciones |
| <b>3. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS</b><br>3.1. Presupuestos metodológicos<br>3.2. Diseño y secuencia de actividades<br>Resumen de acciones                                                                                               |
| <b>4. EVALUACIÓN</b><br>4.1. Criterios e indicadores<br>4.2. Evaluación en el marco de las competencias<br>Resumen de acciones                                                                                                     |
| <b>5. RECURSOS DIDÁCTICOS</b>                                                                                                                                                                                                      |

## Anexo 2

Se describe un extracto de contenidos que pueden presentarse durante la resolución del problema abierto «¿Qué puede ocurrir cuando dos sustancias se ponen en contacto?», así como preguntas que puede realizar el formador para orientar la resolución.

En la asignatura de Didáctica de la Química se requiere que los futuros profesores resuelvan este problema como parte del proceso de aprendizaje de una metodología indagativa. Para ello, antes de la sesión experimental los estudiantes deben realizar el análisis cualitativo correspondiente a la pregunta abierta, y diseñar estrategias de resolución (contemplando distintas posibilidades de sustancias-problema). Una vez en el laboratorio, se proporcionan dos sustancias blancas y cristalinas desconocidas para ellos (serían nitrato de plomo (II) y yoduro de potasio). Los futuros profesores deben revisar su análisis previo y resolver el problema utilizando material sencillo de laboratorio, y tienen que elaborar un informe final. Durante el proceso formativo, la observación y reflexión sobre las acciones desarrolladas por el formador se consideran fundamentales para la construcción inicial del CDC.

| Contenido                            | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Preguntas posibles para inducir el contenido                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Contacto y color</b>              | <p>Debido al carácter higroscópico del KI se produce una reacción química al poner en contacto <math>\text{Pb}(\text{NO}_3)_2</math> y KI con la ayuda de un mortero, o simple agitación en un tubo de ensayo, percibiéndose un cambio de color de blanco a amarillo en pocos minutos.</p> <p>Cabe indicar que la utilización de disoluciones supondría la incorporación de una nueva sustancia; por ello, no se ajustaría al enunciado del problema.</p> <p>Por otra parte, debido al cambio de color, es posible analizar la influencia de factores como la <i>superficie de contacto</i> o el <i>tiempo</i> en el proceso.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo se pueden poner en contacto <i>dos</i> sustancias?</li> <li>• ¿Qué implica el cambio de color?</li> </ul>                                                                                                   |
| <b>Propiedades características</b>   | <p>Un criterio adecuado para determinar si se ha producido un cambio físico o químico consiste en analizar cambios en propiedades características (puntos de fusión, solubilidad, reactividades, etc.).</p> <p>En este caso, se puede realizar un análisis cualitativo de las solubilidades. Si se añade agua, la sustancia amarilla obtenida (<math>\text{PbI}_2</math>) no se disuelve, mientras que las iniciales sí lo hacen, por lo que el cambio es químico.</p>                                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Es suficiente un cambio de color para determinar qué tipo de cambio (físico/químico) ha sucedido?</li> <li>• ¿Se podría comprobar esta hipótesis con el material disponible en el laboratorio? ¿Cómo?</li> </ul> |
| <b>Reversibilidad de los cambios</b> | <p>En el marco de la ESO, las reacciones químicas estudiadas “suelen ser” completas (las incompletas no se abordan en detalle hasta 2º de Bachillerato). Por ello, las reacciones pueden considerarse procesos irreversibles, y los cambios físicos, reversibles.</p> <p>Así, otra estrategia posible para determinar el tipo de cambio sería intentar probar la reversibilidad del proceso por medio de alguna técnica física.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Podría revertirse el cambio? ¿Podrían volver a obtenerse las sustancias de partida? ¿Cómo?</li> </ul>                                                                                                            |

| Contenido                                                | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Preguntas posibles para inducir el contenido                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Reactivos limitante y excedente</b>                   | <p>A diferencia de los «ejercicios clásicos», aquí no se utilizan proporciones estequiométricas, lo que permite determinar experimentalmente los reactivos limitante y excedente, a través de la diferente solubilidad de las sustancias implicadas.</p> <p>Si se añade agua a las sustancias finales, el <math>\text{PbI}_2</math> no se disuelve mientras que el <math>\text{KNO}_3</math> (el otro producto) y el reactivo excedente son solubles. Tras la filtración del <math>\text{PbI}_2</math>, en las aguas madres está contenido el reactivo excedente. Si en partes alícuotas se añaden los reactivos, se producirá la reacción química cuando se adicione el reactivo limitante.</p>                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la hipótesis del cambio químico es correcta, a partir de los reactivos <math>A</math> y <math>B</math>, ¿qué productos obtendremos? (...)</li> <li>• ¿Solo <math>C</math>? ¿Solo <math>C</math> y <math>D</math>? ¿Cómo se podría probar?</li> </ul>                                                                                                                |
| <b>Solubilidad y «lluvia de oro»</b>                     | <p>Se puede comprobar que el <math>\text{PbI}_2</math> es insoluble en frío y soluble en caliente. Cuando se enfría rápidamente y con agitación dicha disolución, se obtiene un precipitado cristalino dorado que se denomina «lluvia de oro».</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se ha comprobado si el/los producto(s) de la reacción son insolubles? ¿Se puede decir que la sustancia amarilla es insoluble?</li> <li>• (...) ¿Qué se ha observado al enfriar la disolución?</li> </ul>                                                                                                                                                              |
| <b>Niveles de representación de una reacción química</b> | <p>Para interpretar y explicar los resultados se debe recurrir a un modelo teórico, en este caso el modelo de la teoría atómica de Dalton. Es decir, hay que hacer representaciones microscópicas y también simbólicas del cambio ocurrido. Así, las representaciones simbólicas iniciales que pueden proponer los estudiantes son:</p> $A_{(s)} + B_{(s)} \rightarrow C_{(s)} \quad A_{(s)} + B_{(s)} \rightarrow C_{(s)} + D_{(s)}$ $A_{(s)} + B_{(s)} \rightarrow C_{(s)} + D_{(s)} + A_{(s)} / B_{(s)}$ <p>Para el ajuste de la reacción química se recurre a representaciones microscópicas con diferentes números de “moléculas” de los reactivos (a modo de “caso experimental”) para así obtener las correspondientes “moléculas” de los productos, que en base a la ley de conservación de la masa permiten realizar el ajuste numérico. Así se supera el procedimiento meramente matemático, resaltando la interpretación química del ajuste.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si partimos de las sustancias <math>A</math> y <math>B</math>, ¿cómo se podría simbolizar el proceso? ¿Y cómo se representa a nivel microscópico?</li> <li>• ¿Sería posible identificar las sustancias que han intervenido en la reacción? (Al final de la resolución, el profesor identifica <math>A</math> y <math>B</math> para abordar estos aspectos.)</li> </ul> |