

Hacia una formación inicial del profesorado de ciencias basada en la investigación

por Ángel VÁZQUEZ-ALONSO
y María-Antonia MANASSERO-MAS
Universidad de las Islas Baleares

1. Introducción

El marco actual de la formación inicial del profesorado español es el Máster Universitario de Formación del Profesorado de Educación Secundaria (MUFPEs), cuya normativa (Orden ECI/3858/2007) establece las competencias que constituyen la espina dorsal de su profesionalización docente y el plan de estudios, organizado en tres módulos:

- genérico, común a todas las especialidades,
- específico, propio de cada especialidad, y
- práctico, con dos materias, prácticas en centros educativos y Trabajo Final de Máster.

En este marco, las instituciones de educación superior disponen de cierta autonomía, que ha dado lugar en estos primeros años del MUFPEs, a una diversidad de propuestas y aplicaciones. La

literatura especializada y algunas evaluaciones realizadas identifican las dificultades, fortalezas, retos y oportunidades del Máster, y específicamente, apuntan distintas carencias y desviaciones de la normativa. Desde la perspectiva investigadora, el modelo genérico de profesor configurado en el MUFPEs a través de 11 competencias, múltiples asignaturas y una diversidad de profesores son algunas de las debilidades más repetidamente atribuidas a un Máster planificado por especialidades.

La formación del profesorado es un tema amplio, complejo y multifacético, y la investigación en didáctica de las ciencias ha adquirido un gran desarrollo con múltiples aportaciones. Este artículo trata de sintetizar y extraer las principales aportaciones de ambos campos de investigación para la formación inicial del profesorado de ciencias, con el propósito de avanzar hacia la elaboración de un modelo básico que concrete, oriente, base e integre la formación inicial, aporte refe-

rencias fundamentales y facilite la coordinación entre los formadores. Los límites de este estudio son los módulos específicos de las especialidades de ciencias del MUFPEs, y no otras especialidades, ni las Prácticas, ni el Trabajo Fin de Máster.

2. Marco teórico

En la actualidad, la investigación acerca de la formación inicial del profesorado de secundaria presenta dos ideas principales. La primera se refiere a complementar la formación disciplinar, adquirida en los estudios de grado (y requisito para el acceso al máster), con la formación pedagógica necesaria para saber enseñar la disciplina de especialización. La segunda se refiere a la educación por competencias, que se ha convertido en un paradigma dominante. Se adaptan y desarrollan ambas para el caso de la formación inicial del profesorado de ciencias.

3. La formación pedagógica: el conocimiento didáctico del contenido

Hace lustros, la única exigencia para un profesor era el dominio del contenido disciplinar. Hoy, es ampliamente compartido que un profesor necesita también una formación pedagógica. Shulman (1986) consolidó esta idea con el concepto de «conocimiento didáctico del contenido» (CDC) —*pedagogical content knowledge*—. Desde entonces, el conocimiento profesional docente va más allá de la mera transmisión de saberes, para abarcar todo lo que los profesores deberían saber, saber hacer, saber ser, entender o practicar mediante la comprensión, la transformación y la reflexión didáctica sobre la enseñan-

za practicada. Shulman (2005, 11) resume los «conocimientos base» del profesor en siete categorías:

- conocimientos del contenido disciplinar;
- conocimientos pedagógicos o didácticos generales;
- conocimientos del currículum, materiales y programas educativos;
- conocimientos de los alumnos y del aprendizaje;
- conocimientos de los contextos educativos;
- conocimiento de los objetivos, las finalidades y los valores educativos;
- conocimiento didáctico del contenido, comprensión profesional propia del profesorado.

La investigación educativa no ha dejado de aportar pruebas en favor de la idea básica de Shulman: para enseñar una disciplina es necesario, pero no suficiente, dominar contenidos disciplinares y poseer conocimientos didácticos. La clave del desarrollo del CDC consiste en amalgamar adecuadamente los conocimientos disciplinares con los didácticos. El profesorado experto supera la simple yuxtaposición de saberes disciplinares y pedagógicos, transformando los conocimientos disciplinares en conocimientos enseñables, mediante aplicación de principios didácticos, hasta lograr la amalgama e integración virtuosa de ambos (Figura 1). Los especialistas en

CDC lo consideran un concepto complejo y difícil de definir, pero muy útil como heurístico para organizar el conocimiento profesional del docente y su investigación. La modelización de CDC presentada en la Figura 1 tiene la virtud de resaltar el carácter de amalgama dinámica (triángulo

central), original de Shulman, como integración de los distintos componentes de CDC (triángulos laterales) propuestos por diferentes investigadores, que aportan los elementos básicos para la amalgama central del CDC, que debe construir cada docente (Garritz, Lorenzo y Daza, 2014).

FIGURA 1: *El conocimiento profesional docente centrado en el concepto del conocimiento didáctico del contenido (CDC) como integración de distintos saberes.*



Aunque compartiendo la necesidad del CDC, otros autores han elaborado el conocimiento docente desde diferentes perspectivas, tales como la transposición didáctica (Chevallard, 1985), o el conocimiento práctico profesional (Wallace y

Kang 2004; Mellado, Ruiz, Bermejo y Jiménez, 2006) o distintas interpretaciones del CDC (Garritz *et al.* 2014).

El profesor competente no es un simple técnico, capaz de aplicar instrucciones o

teorías pedagógicas, sino un profesional reflexivo que desarrolla su CDC continua y dinámicamente procesando información relevante, investigando y resolviendo problemas docentes, tomando decisiones y generando conocimiento práctico desde la integración entre disciplina, didáctica y contextos en la acción docente disciplinar (Schön, 1992).

El CDC plantea el primer reto al MUFPEs: lograr la integración de disciplina, didáctica y contextos a partir de una organización compartimentada en distintas asignaturas y prácticas, tanto específicas como comunes, impartidas por una diversidad de formadores. Para formar profesorado competente, como integrador de CDC, la coordinación de organización y formadores del MUFPEs es imprescindible.

4. El enfoque por competencias y la formación inicial del profesorado

Los acelerados cambios sociales de los últimos lustros han impuesto nuevos planteamientos de la educación que se traducen en nuevas exigencias al profesorado. El más relevante es la educación por competencias, que hace mayor hincapié en los resultados del aprendizaje, como capacidades reales

de realizar tareas concretas eficazmente y de responder a demandas complejas. El proyecto DeSeCo (OECD, 2002) definió y seleccionó las competencias clave, esenciales para la vida de las personas y el buen funcionamiento social (Eurydice, 2002, 13).

La esencia de una competencia consiste en integrar saber (cognitivo), saber hacer (destrezas) y saber ser y estar (actitudes y valores), es decir, integrar conocimientos relevantes para la resolución de problemas (complejidad), bajo un principio de funcionalidad (organizar y reorganizar lo aprendido y transferir su aplicación práctica a situaciones nuevas o imprevisibles y a contextos socialmente relevantes). Además, las competencias deben dar autonomía a las personas: permitirles aprender y actuar eficazmente a lo largo de toda la vida (Tabla 1).

Las competencias básicas especializadas en CyT remiten al dominio, la utilización y la aplicación de conocimientos y metodologías empleados para explicar la naturaleza, y entrañan una comprensión de los cambios ligados a la actividad humana y la responsabilidad de cada individuo como ciudadano en el uso de CyT.

TABLA 1: *Las competencias claves que los profesores deben contribuir a desarrollar a través de su enseñanza (y en consecuencia, deben formar parte de su formación inicial) definidas por las autoridades europeas (ocho) y españolas (siete).*

Recomendación 2006/962/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006	Real Decreto 1105/2014 (MECD, España)
Comunicación en lengua materna.	Comunicación lingüística.
Comunicación en lenguas extranjeras.	Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.

Recomendación 2006/962/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006	Real Decreto 1105/2014 (MECD, España)
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CyT).	Competencia digital.
Competencia digital (TIC).	Aprender a aprender.
Aprender a aprender.	Competencias sociales y cívicas.
Competencias sociales y cívicas.	Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.
Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa.	Conciencia y expresiones culturales.
Conciencia y expresiones culturales.	

Desde la perspectiva docente, la Comisión Europea recomendó 12 competencias docentes que debería poseer todo el profesorado europeo. Ante la diversidad de prácticas nacionales, encargó un estudio (FIER, 2009) que diseñó ocho grupos de competencias (competencias en la materia, pedagógicas, integración de teoría y práctica, cooperación y colaboración, garantía de calidad, movilidad, liderazgo y formación continua). Se publicó un manual de apoyo al desarrollo de las competencias con listas de componentes agrupadas en comprensión, destrezas y disposiciones (EC, 2013).

Los referentes españoles de las competencias docentes son, por un lado, las 11 competencias de la normativa del Máster que orientan la formación inicial del profesorado de secundaria español (ORDEN ECI/3858/2007). Por otro lado, la normativa de organización y funcionamiento de los centros educativos asigna funciones al profesorado (generales, tutoriales y otras), que constituyen referentes competenciales adicionales para su formación inicial.

En el ámbito internacional, la NSTA (2003) describe estándares para los pro-

fesores de ciencias, que detalla en: contenidos, naturaleza de la ciencia, investigación, temas relacionados con ciencia y tecnología, destrezas generales de enseñanza, capacidad de planificar y aplicar el currículo de ciencias, capacidad de relacionar la ciencia con la comunidad, evaluación, capacidad de promover seguridad y bienestar y capacidad de desarrollo profesional.

5. El enfoque por competencias en la educación en ciencias

El Programme for International Student Assessment (PISA) de la OCDE comenzó a aplicarse en el año 2000, evaluando competencias de comprensión lectora, matemáticas y ciencias en estudiantes de 15 años. La competencia científica en PISA comprende (MECD, 2013a):

- El conocimiento científico y el uso de ese conocimiento para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre temas relacionados con las ciencias.

– La comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como una forma humana de conocimiento e investigación.

– La conciencia de las formas en que la CyT moldean nuestro entorno material, intelectual y cultural.

– La disposición ciudadana para implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y comprometerse con las ideas de la ciencia reflexivamente.

Por otro lado, las dimensiones de la competencia científica PISA son:

– La identificación de cuestiones científicas.

– La explicación científica de fenómenos.

– La utilización de pruebas científicas.

El Estudio de las Tendencias Internacionales en Matemáticas y Ciencias (TIMSS) plantea dos grandes dimensiones, contenidos y cogniciones, y donde se distingue entre conocer, aplicar, razonar y analizar (MECD, 2013b).

En suma, la educación por competencias busca la funcionalidad personal y social de los resultados de aprendizaje. La competencia científica añade al conocimiento científico, los rasgos propios de la ciencia, la influencia de CyT sobre el entorno y las actitudes de compromiso ante temas ciudadanos relacionados con CyT.

6. Aportaciones de la didáctica de las ciencias a la formación del profesorado

Actualmente, la didáctica de las ciencias tiene un estatus investigador consolidado y muy desarrollado. Su contribución a fundamentar una formación inicial del profesorado de ciencias basada en pruebas y evidencias proviene de múltiples áreas que contribuyen al CDC. Este estudio centra la reflexión en dos líneas innovadoras de ciencias: la investigación general sobre enseñanza/aprendizaje y la investigación específica sobre formación del profesorado.

7. La alfabetización científica y tecnológica (ACyT)

En el aprendizaje de las ciencias, el modelo constructivista de aprendizaje, basado en diagnóstico de ideas previas y cambio conceptual se da implícitamente por supuesto, por lo que no se hacen referencias adicionales al mismo (Sinatra y Pintrich, 2003), para centrarse en la reflexión sobre las propuestas innovadoras (que lo incluyen).

El concepto fundante de la actual didáctica de las ciencias es, sin duda, la alfabetización científica y tecnológica (ACyT). Se trata de un concepto complejo, cuya interpretación no genera unanimidad en la comunidad didáctica, aunque su potencia lo hace imprescindible.

Según Shamos (1995), la ACyT es un mito o utopía cultural a perseguir, difícil de alcanzar, con tres niveles jerarquizados:

– cultural (conocimiento pasivo y cierta familiaridad con CyT),

- funcional (uso de conceptos científicos y tecnológicos en la vida diaria) y
- alfabetización verdadera (comprensión de conceptos y habilidad para aplicarlos).

Bybee (1997) considera la ACyT una metáfora, que integra las grandes finalidades de la educación científica sobre un continuo de conocimientos y prácticas acerca del mundo natural y el diseñado por la tecnología. La educación científica puede lograrla en diferentes niveles:

- Analfabetismo.
- ACyT nominal.
- Funcional.
- Conceptual.
- Procedimental.
- Multidimensional, que englobaría las anteriores y además comprender el lugar de la ciencia, los aspectos históricos y sociales, la naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT), las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad, etc.

Para Hodson (2008), la ACyT sintetiza los conocimientos, procesos y actitudes científicas y tecnológicas que debería poseer un ciudadano medio ilustrado. Cita capacidades de comprensión de una investigación científica, la NdCyT (historia, filosofía y sociología de la ciencia, el estatus del conocimiento científico y la construcción de las teorías científicas), la ca-

pacidad de analizar, sintetizar y evaluar proposiciones de carácter científico, los temas éticos y morales suscitados por las aplicaciones científicas y tecnológicas y el impacto mutuo entre CyT y sociedad.

La revisión de Roberts (2007) concluye que ACyT recoge un principio central de la educación en ciencias (formar ciudadanos alfabetizados científicamente) y que las diversas versiones del concepto incluyen dos visiones complementarias:

- Visión I: pone énfasis en los contenidos alineados con las metas tradicionales de la educación científica (leyes, modelos y teorías).
- Visión II: propone un énfasis más innovador en comprender la CyT en contextos actuales (denominado NdCyT) y tomar decisiones personales sobre temas científicos de interés social.

La ACyT implica una educación inclusiva (ciencia para todos), a diferencia del enfoque tradicional (para formar científicos, que excluye a la mayoría, y especialmente, a mujeres y minorías). La ACyT implica también una dimensión social para aprender ciencia: atiende los intereses y preferencias de los estudiantes, promueve actividades que implican hablar, escribir, argumentar, discutir e interpretar y forma ciudadanos competentes en responsabilidad social (convivir y participar).

La ACyT, como educación inclusiva de todos para lograr un ciudadano alfabetizado, tiene implicaciones nuevas para la formación del profesorado. Primero, no se limita a la comprensión de los principios,

teorías y procedimientos básicos de CyT (cognitivo), sino que incluye el aprecio y la conciencia sobre la NdCyT y su papel en el mundo actual. Segundo, como competencia va más allá de la mera competencia técnica: integra cogniciones y actitudes para actuar (decidir y participar), y añade una dimensión meta-cognitiva (conocimientos epistemológicos, estratégicos y auto-conocimientos). Las experiencias educativas de los estudiantes deben contribuir a su futura calidad de vida y al desarrollo de la formación moral y social a través del juicio reflexivo, que surge de los argumentos y razones, en la medida que ayuda a los individuos a tomar decisiones justas y equitativas (Zeidler, 2003).

8. Los mitos de la enseñanza como retos de futuro en la educación científica

Muchas investigaciones constatan la tendencia inercial de los profesores en formación inicial a reproducir los valores, esquemas y métodos tradicionales que han observado en sus propios profesores (Richardson, 1996; Zeichner y Tabachnick, 1981). Estos esquemas enfatizan la transmisión de muchos conocimientos, necesarios para formar científicos, pero excluyentes y con impacto negativo sobre la mayoría de estudiantes que no serán científicos. El principal reto de la formación del profesorado hoy es lograr que los futuros profesores cambien esta concepción tradicional para desarrollar la ACyT de todos sus estudiantes (educación inclusiva). Esto implica cultivar la comprensión, en lugar de la memorización, y desarrollar buenas actitudes hacia la ciencia (Rocard *et al.* 2007).

La investigación didáctica demuestra que la educación científica tradicional practicada en la mayoría de las aulas se caracteriza por un conjunto de mitos, consagrados tácitamente, y aceptados implícita y acríticamente por la mayoría del profesorado de ciencias como creencias indiscutidas e indiscutibles. Este apartado explicita estas creencias mitificadas del profesorado, y que han sido falsadas por la investigación didáctica, para afrontarlas como elementos claves en la innovación de la formación del profesorado de ciencias hacia la ACyT (Richardson, 1996).

El mito fundamental es la disyuntiva entre educar para formar científicos (minoría) o educar ciudadanos alfabetizados consumidores de conocimiento (mayoría). La tensión reside en que ambos polos son necesarios. El defecto básico de la educación para científicos es que aplaza años la comprensión, hasta que la acumulación de conocimientos permite una visión global, de modo que la mayoría de los jóvenes estudiantes, que terminan el estudio de la ciencia pronto, con pocos conceptos, no logran esa comprensión. La base de este mito es una epistemología exclusivamente acumulativa del progreso científico, de modo que la comprensión global sólo se alcanza tras acumular muchos conocimientos (Aikenhead, 2006; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005).

El segundo mito está relacionado con el anterior: los currículos escolares deben ser extensos para cubrir muchos conceptos que los científicos necesitan. Aunque abrumba y desilusiona a profesores y estudiantes, ante la perspectiva de fracaso de la mayoría, las preferencias de los profesores por

la extensión están arraigadas. El progreso exponencial de la ciencia hoy hace imposible e insensata la satisfacción de este mito; la formación del profesorado debe cambiar extensión y memorización por relevancia y comprensión (Bryan, 2012).

El tercer mito: el dominio del currículo extenso para científicos impone actividades de enseñanza de transmisión, memorización y adquisición de algoritmos, repetibles por los estudiantes. Esta orientación garantiza ciertos resultados (superar exámenes o pruebas) pero no permite aproximaciones a la auténtica ciencia (investigación, implicación, reflexión, argumentación, modelización, discusión, etc.). La alternativa de la ACyT es seleccionar pocos, relevantes e interesantes contenidos y experiencias, desarrollados mediante actividades de investigación y cambio conceptual (Rocard *et al.* 2007).

Un cuarto mito surge de la visión epistemológica neutral de la ciencia (formada por hechos objetivos, productos acabados, libres de valores y subjetividad). En consecuencia, la didáctica se reduce al aprendizaje de contenidos presumiblemente indiscutibles, objetivos y desprovistos de los valores que los produjeron. Por el contrario, la sociología y la historia de la ciencia demuestran que los procesos y contextos de producción de los hechos científicos están cargados de controversias y disputas, sobre teorías, culturas, valores personales, morales y éticos, contextos, intereses, reconocimientos, vinculaciones industriales, beneficios, etc. (Allchin, 1998; Echeverría, 2002).

Otro mito se refiere a la escasa o nula relación entre ciencia y tecnología o la in-

genua visión de tecnología como ciencia aplicada. Aunque en algunas épocas históricas se pueda sostener una distinción entre CyT, actualmente su imbricación es tan grande que los especialistas (Echeverría, 2010) hablan de un ente híbrido (tecnociencia) que hace difícil distinguirlas (por eso, el concepto ACyT o NdCyT uniendo ciencia y tecnología). Las encuestas actuales sobre percepción social de la ciencia (Vázquez, 2013) confirman esa relación, pues el público asocia principalmente la ciencia con productos tecnológicos (ordenadores, aparatos, energía, etc.). Sin embargo, la educación tradicional y los libros de texto ignoran esta integración entre CyT, que es un hecho didáctico importante para una educación científica auténtica. En España, por ejemplo, la ciencia desvinculada de tecnología se materializa en la oferta de asignaturas separadas de ciencias y tecnología en Educación Secundaria Obligatoria.

Otro extendido mito es la creencia en el método científico único, cuyo seguimiento y aplicación conduce a resultados seguros. El epítome de este mito es el esquema de etapas, ubicado al comienzo de los libros de texto, como receta del método científico. La filosofía de la ciencia ha falsado este error epistemológico: las prácticas de los científicos son impredecibles, iterativas, idiosincrásicas y no siguen etapas estereotipadas. Además, los métodos de los astrofísicos tienen poco que ver con los de los químicos. Muchos problemas socio-científicos actuales (ambientales, epidemiológicos, controversias, etc.) usan dispositivos, análisis y pruebas sin relación con esas etapas estereotipadas. La creencia en un método científico singular debe sustituirse por reconocer la diversidad y provisionali-

dad de los procedimientos que validan conocimiento científico, que es falible y provisional, y en algunos casos, solo probable e incierto, aunque también puede ser dudoso (Chalmers, 2000; Gauch, 2012).

Otro mito sostiene que la educación científica enseña a los estudiantes a pensar bien, porque maneja destrezas de pensamiento científico (razonamiento, argumentación o pensamiento crítico). Este mito se basa en la atribución de racionalidad absoluta a la ciencia y, por tanto, concluye que los contenidos científicos permiten a los estudiantes aprender destrezas de pensamiento. Piaget ya demostró hace más de 50 años que la mayoría de estudiantes no alcanzan el estadio de operaciones formales, necesario para comprender los contenidos abstractos de la ciencia; en el mismo sentido, los estudios del desarrollo epistemológico (Kuhn, 2012) demuestran que una mayoría no supera la etapa de pensamiento relativista (todo conocimiento es igualmente válido y legítimo). Por tanto, la capacidad de la educación científica para desarrollar destrezas de pensamiento, propias de los científicos, es cuestionada (Zoller y Nahum, 2012).

El profesorado de ciencias es consciente de la diversidad de sus estudiantes, a quienes enseñan los mismos conocimientos del currículo tradicional (extenso) mediante la misma didáctica transmisora. Los estudiantes necesitan estudiar temas relevantes, interesantes y funcionales para ellos y sus vidas como gratificación, pero ésta no llega, y el interés y la motivación por aprender se van deteriorando (Osborne, Simon y Collins, 2003). La atención a la diversidad de los estudiantes requeriría una

innovación inclusiva del currículo científico y el profesorado debería estar formado para realizar esta inclusión de todos.

En los países desarrollados, tras varios años de educación científica, la investigación didáctica reitera un resultado inquietante: los estudiantes presentan actitudes negativas hacia la ciencia, aumentan su desafección, disminuyen su intención de elegir estudios de CyT o tener un trabajo relacionado con la CyT, etc. (Osborne, Simon y Collins, 2003; Sjøberg y Schreiner, 2005). La educación científica fracasa en implicar e interesar a los jóvenes en la ciencia, que va unido también a un fracaso académico y cognitivo, como demuestran los pobres resultados de rendimiento y la baja relación entre rendimiento y actitudes que PISA y TIMSS asignan a los estudiantes españoles (MECD 2013a, 2013b).

El conjunto de retos planteados en los párrafos anteriores, consecuencias de las investigaciones realizadas en el ámbito de la didáctica de las ciencias, es contundente. Sugieren la necesidad de innovar los objetivos y las estrategias de la educación científica del siglo XXI para afrontarlos. Obviamente, esta innovación impacta directamente sobre la formación inicial del profesorado de ciencias. Ambos aspectos se analizan a continuación.

8.1. Una respuesta a los retos: alfabetización aplicada

La ACyT se reconoce internacionalmente como el objetivo de futuro para la educación científica. El reto de este objetivo es hacer de la educación científica un instrumento útil, interesante y atractivo

para todos los estudiantes (inclusivo), proveedor para el ciudadano medio, a la vez, de conocimientos básicos, de competencia y afición hacia la ciencia y comunidad cien-

tífica, y superador de los mitos. Este objetivo, amplio y polisémico, se sintetiza en cuatro elementos básicos y funcionales para la vida diaria de la ciudadanía (Tabla 2).

TABLA 2: *Dimensiones innovadoras fundamentales de la alfabetización en ciencia y tecnología.*

Dimensiones	Categorías	Elementos	Ejemplos
Contenidos	Conceptos de la ciencia	Centrados en conceptos básicos, menos extensos	Hechos, principios, leyes, teorías, modelos, procesos de investigación
	Naturaleza de CyT (ideas acerca de CyT, conocimientos sobre CyT)	Sociales: internos y externos Epistemológicos	Ideas, relaciones y valores sobre el conocimiento científico (fundamentos contra los mitos)
Competencias	Actitudes y valores	Hacia la CyT, la ciencia escolar y el aprendizaje de la ciencia, y actitudes y hábitos sociales de trabajo proactivos	Disposiciones, esfuerzo personal, responsabilidad, honradez, apertura, compromiso, participación, trabajo en equipo, etc.
	Destrezas cognitivas superiores de pensamiento crítico	Preguntar, reflexionar, evaluar, transferir, tomar decisiones, razonar, argumentar, autorregular y metacognición	Ejercitarlos en contextos, escribiendo, hablando, debatiendo, confrontando, evaluando, decidiendo, creando, ...

Los conceptos de la ciencia deben perder extensión, centrándose solo en grandes ideas de la ciencia. Estas ideas deben servir como contexto para el desarrollo de los procesos de investigación (enseñanza basada en investigación como metodología docente) y de la naturaleza de la ciencia y tecnología (NdCyT). Además, los conceptos deben ser relevantes, es decir, conectarse con el interés y la vida diaria de los estudiantes (dominada por el riesgo

y uso de aparatos y tecnologías). La relevancia requiere rediseñar los conceptos del pasado, dominantes en la educación tradicional, hacia un currículo que combine ideas pasadas con actuales (problemas socio-científicos). Finalmente, estructuras didácticas como secuencias de enseñanza-aprendizaje y progresiones de aprendizaje debe servir para innovar la enseñanza (NGSS, 2013).

Los contenidos acerca de la CyT o NdCyT comprenden dos dimensiones:

- contenidos epistemológicos (como sabemos lo que sabemos) y
- contenidos sociales (rasgos sociales del conocimiento científico y tecnológico).

Ambas dimensiones incluyen y se relacionan transversalmente con conocimientos, procesos, métodos, actividades científicas, valores (epistémicos, científicos y sociales) y validación del conocimiento (Erduran y Dagher, 2014). Los contenidos de NdCyT deben enseñarse explícita y reflexivamente, y relacionados con las otras dimensiones de la ACyT, conceptos, procesos, actitudes y pensamiento crítico (Deng, Chen, Tsaiy Chai, 2011; Vázquez y Manassero, 2013).

Ciencia y tecnología constituyen instituciones culturales del mundo actual. Lograr una educación científica afectiva y atractiva es un objetivo ineludible y beneficioso para la sociedad, pues implica valores de responsabilidad, diálogo, participación y trabajo en equipo. Constituye también una contribución de la educación científica al desarrollo de las competencias culturales, cívicas y sociales (Bauer, 2013; Martín y Osorio, 2003).

Finalmente, el objetivo de enseñar a pensar bien (desarrollo de habilidades de pensamiento) dota a la ciudadanía alfabetizada de autonomía y capacidad para aprender por sí misma. El constructo pensamiento crítico, importado de la psicología cognitiva, y el pensamiento cien-

tífico, núcleo de la competencia científica, comparten numerosas destrezas particulares (razonamiento, argumentación, metacognición, etc.). La literatura didáctica sobre enseñanza de NdCyT, argumentación, temas socio-científicos y competencias educativas, muestra que las destrezas de pensar bien son facetas diversas del pensamiento científico y sugiere que el dominio de las destrezas del pensamiento crítico es clave para el aprendizaje científico, y viceversa, de modo que ambas categorías se realimentan y refuerzan (Vázquez y Manassero, 2014 en prensa; Zoller y Nahum, 2012). El desarrollo de estas habilidades requiere actividades de aprendizaje de leer, escribir y hablar sobre ciencia, constituyendo una aportación importante al desarrollo de las competencias lingüísticas.

En resumen, la educación científica tradicional está aquejada de numerosos problemas mitificados. La propuesta inclusiva de ACyT para todos se concreta en un modelo con cuatro categorías, dos de contenidos (teorías y procesos de la ciencia y NdCyT) y dos objetivos competenciales (actitudes y valores y destrezas de pensamiento crítico). Estas cuatro categorías no suponen una ampliación encubierta del currículo, sino una renovación didáctica con nuevos métodos de trabajo en el aula; los tradicionales conceptos de la ciencia (teorías y procesos) constituyen el contexto y la base donde se deben desarrollar y practicar los otros tres componentes de la ACyT (NdCyT, actitudes y pensamiento crítico) que serían los elementos realmente innovadores.

8.2. Consecuencias para la formación inicial del profesorado de ciencias

La investigación plantea al profesorado de ciencias múltiples exigencias; por ejemplo, educar a todos los estudiantes y, simultáneamente, educar a la minoría que serán científicos, superar las creencias míticas, etc. Para resolver estos dilemas, la didáctica de las ciencias propone el concepto de ACyT, que en párrafos anteriores se ha elaborado y concretado en una propuesta con un nuevo marco de contenidos y competencias innovadores.

El profesorado en formación inicial debería formarse en estos contenidos y competencias, para lo cual, los formadores deberían incorporarlos a los currículos de las asignaturas. El trabajo de los formadores incluye coordinar la formación acerca de los materiales curriculares, su diseño, su evaluación y sus relaciones con la enseñanza y el aprendizaje generales. La reflexión y la práctica formativa sobre estos contenidos y competencias innovadores deben ayudar a refinar el conocimiento didáctico de los contenidos a través de su integración con otros contenidos y competencias. El portafolio es un instrumento adecuado para hacer más eficaz esta integración; permite al grupo completo de estudiantes compartir socialmente los progresos y la creatividad generados en el aprendizaje de la innovación.

El MUFPS debería preparar para desarrollar el currículo adaptando los énfasis relativos entre las categorías innovadoras (actitudinales, pensamiento crítico y NdCyT) y el desarrollo tradicional de teorías y modelos de las ciencias, en función de los estudiantes, el nivel educativo,

la asignatura y las pruebas de evaluación externas, incluso definiendo aprendizajes opcionales para los estudiantes. Evolutiva y organizativamente, los tres primeros cursos de ESO y el primer curso de bachillerato podrían constituir el contexto idóneo para priorizar las categorías innovadoras. Complementariamente, el segundo curso de bachillerato y los módulos de FP pondrían más énfasis en teorías y modelos, pero manteniendo actividades y metodologías donde se continúan practicando las tres categorías innovadoras.

Asumir estos retos para la formación inicial del profesorado de ciencias implica alinear los objetivos del currículo escolar con un desarrollo del currículo coherente también con los supuestos didácticos de la ACyT. El profesor en formación debe desarrollar su conocimiento didáctico del contenido para cuestionar sus creencias míticas mediante el diseño, planificación y adaptación de las cuatro categorías de la ACyT desde el enfoque innovador (ideas de la ciencia, naturaleza de la ciencia, procesos de pensamiento y actitudes hacia la ciencia). Algunos estudios muestran que la formación inicial produce cambios en las creencias teóricas y en el dominio cognitivo del profesorado, pero las prácticas en el aula continúan adscritas al modelo tradicional en una ambivalencia inconsecuente (García Carmona, 2013; Pontes *et al.* 2013; Solís *et al.* 2013). Otros trabajos se hacen eco de las peticiones de recetas que permitan responder a las demandas de la práctica docente sin problemas (Guisasola *et al.* 2013; Solbes *et al.* 2013). El profesorado debe estar formado para desarrollar en el aula actividades centradas en los estudiantes, en experiencias y pensa-

mientos científicos (investigación, búsqueda y aplicación de información, recogida y análisis de pruebas, y razonamiento lógico y crítico), sin olvidar en cada actividad la relación entre la nueva información y los marcos previos de los estudiantes.

El propósito del MUFPS es cambiar las creencias y las prácticas de aula que deben realizar los profesores como consecuencia de las demandas que surgirían del currículo innovador (Bryan, 2012), especialmente en las categorías actitudinales, pensamiento crítico y NdCyT. Diversos estudios no sólo muestran la natural resistencia del profesorado a estos cambios, sino algo más profundo: el profesorado no percibe la necesidad de innovar su práctica de aula (Höttecke y Silva, 2011; Lederman, 1999). Bartholomew, Osborne y Ratcliffe (2004) exploraron las dificultades de los profesores cuando trataban de enseñar ideas sobre NdCyT, señalando cinco dimensiones de la práctica docente cruciales para innovar:

- Comprensión del contenido de NdCyT (profesores con ansiedad y profesores con confianza sobre esa comprensión).

- Creencias del profesor sobre su propio papel en la enseñanza (transmisor de conocimiento o facilitador del aprendizaje).

- El discurso del profesor en el aula (autoritario y cerrado o abierto y dialogante).

- Concepciones del profesor sobre los objetivos del aprendizaje (limitado

a mejorar conocimientos o incluir el desarrollo de destrezas de pensamiento y razonamiento).

- La naturaleza de las actividades de aprendizaje (artificiales y ficticias o auténticas y apropiadas para los estudiantes).

Los profesores innovadores más exitosos practicaron didácticas que se corresponden con las segundas opciones del paréntesis en cada dimensión, mientras las acciones primeras del paréntesis se corresponden con las creencias míticas que han convertido la enseñanza de la ciencia en una transmisión de dogmas, en lugar de una discusión y evaluación abierta de ideas por los estudiantes.

El cambio innovador, no es sencillo, pues no se trata de asumir meros discursos teóricos, sino de aplicar contenidos y competencias innovadores. Para dar coherencia a la relación entre creencias y prácticas en formación del profesorado, Loughran (2007) propone:

- Desafiar las prácticas de enseñanza consideradas incuestionables.

- Examinar y articular los aprendizajes realizados desde la práctica.

- Buscar continuamente que la práctica y la teoría se informen mutuamente.

La tercera propuesta resume la tesis fundamental de este artículo: cuestionar los mitos, proponer marcos teóricos de competencias y alfabetización en CyT y concre-

tar tres categorías innovadoras. Algunos estudios se hacen eco global de aspectos de este modelo, tales como incrementar la reflexión crítica de los estudiantes sobre la profesionalidad (García Carmona, 2013; Solbes *et al.* 2013), hacer pensar a los estudiantes (Guisasola *et al.* 2013), elaborar unidades didácticas (Martínez Aznar *et al.* 2013) o incorporar aportaciones consolidadas de la didáctica de las ciencias (Solbes *et al.* 2013). Otras propuestas sugieren nuevas prácticas metodológicas sobre contenidos específicos como energía (Martín *et al.* 2013), nutrición (Martínez y García, (2013), naturaleza de la ciencia (Solbes *et al.* 2013; Vázquez y Manassero, 2013), formulación química (Fernández, 2013) o conservación y sostenibilidad medioambiental (España *et al.* 2013; Vilches y Gil, 2013).

Aunque este estudio justifica una propuesta innovadora, resulta obvio que la formación inicial y la práctica docente deben promover una continuidad coherente y evitar cortes improductivos con una serie de principios ampliamente compartidos en la investigación:

- Usar enfoques constructivistas de enseñanza y aprendizaje.
- Diseñar secuencias de enseñanza y progresiones de aprendizaje orientadas a la comprensión.
- Centrar los métodos y materiales de enseñanza en el estudiante y sus ideas previas (que deben atenderse regularmente para configurar la enseñanza).
- Organizar el aprendizaje en torno a fenómenos reales y relevantes

(mejor que enfoques abstractos o descontextualizados).

- Incrementar la evaluación formativa y auténtica, enfocada al progreso del aprendizaje.
- Visibilizar el pensamiento de los estudiantes de modo que sus ideas, razonamientos y experiencias sean recursos para el aprendizaje de todos.
- Facilitar a los estudiantes oportunidades para revisar su propio pensamiento.
- Fomentar en los estudiantes el discurso razonado, la lectura y la escritura de explicaciones basadas en pruebas (argumentación).
- Potenciar los pensamientos y hábitos mentales de tipo meta-cognitivo.
- La apertura permanente a usar la investigación didáctica como guía de la mejora de la enseñanza.

La evaluación es un elemento crucial para el cambio de las prácticas de enseñanza cuando se persiguen objetivos innovadores. El profesorado tiene dificultades para evaluar los progresos de los estudiantes en esos objetivos innovadores y esta es otra dificultad añadida para innovar las prácticas de aula. Una reciente revisión (Luft, Dubois, Nixon y Campbell, 2015) apunta la necesidad de programas de formación inicial bien estructurados y coordinados y dos áreas deficitarias: conocimiento de los alumnos y la evaluación del aprendizaje. El profesorado debería

recibir formación sobre evaluación auténtica para valorar objetivos innovadores.

En suma, con base en la investigación se proponen tres categorías de innovación para la formación inicial, transversales a los tradicionales conceptos y procesos de la ciencia: actitudinal, NdCyT y desarrollo de destrezas cognitivas (reflexión, pensamiento crítico, argumentación, etc.). La innovación debe aplicarse gradual, pero firmemente, sin consumir excesivo tiempo ni provocar tensiones innecesarias, pero sin perderse en cambios superficiales y organizativos que dejan los mitos incuestionados y las estructuras tradicionales intactas. La formación implica cambiar el fondo y la forma de pensar sobre la enseñanza de los futuros profesores, para evitar la poderosa tendencia inercial a la reproducción de los mitos. El cambio es esencia epistémica de las prácticas científicas y reconocer la necesidad de cambios basados en investigación es una fuerza que produce mejores resultados que mantener enfoques tradicionales.

Dirección para la correspondencia:

Ángel Vázquez Alonso. Universidad de las Islas Baleares. Facultad de Educación. Edificio Guillem Cifre de Colonya. Carretera de Valldemossa, km. 7.5. 07122 Palma de Mallorca. Email: angel.vazquez@uib.es.

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 1. III. 2015.

Bibliografía

AIKENHEAD, G. S. (2006) *Science education for everyday life, Evidence-based practice* (New York, Teachers College, Columbia University).

ALLCHIN, D. (1998) Values in Science and in Science Education, en FRASER B. J. y TOBIN K. G. (Eds.), *International Handbook of Science Education*, v.2 (Dordrecht, Kluwer Academic Publishers) pp. 1083-1092.

BARTHOLOMEW, H., OSBORNE, J. y RATCLIFFE, M. (2004) Teaching Students «Ideas-About-Science»: Five Dimensions of Effective Practice, *Science Education*, 88, pp. 655-682.

BAUER, M. W. (2013) Los cambios en la cultura de la ciencia en España 1989-2010, en FECYT (Ed.), *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2012* (Madrid, FECYT) pp. 191-226.

BRYAN, L. A. (2012) Research on Science Teacher Beliefs, en FRASER, B. J., TOBIN, K. G. y McROBBIE, C. J. (Eds.) *Second International Handbook of Science Education* (Dordrecht, Springer) pp. 477-495.

BYBEE, R. W. (1997) *Achieving scientific literacy: From purposes to practices* (Portsmouth NH, Heinemann).

CHALMERS, A. F. (2000) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* (Madrid, Siglo Veintiuno).

CHEVALLARD, Y. (1985) *La transposition didactique; du savoir savant au savoir enseigné* (Paris, La Pensée Sauvage).

DENG, F., CHEN, D. T., TSAI, C. C. y CHAI, C. S. (2011) Students' Views of the Nature of Science. A Critical Review of Research. *Science Education*, 95, pp. 961-999.

ECHEVERRÍA, J. (2002) *Ciencia y valores* (Barcelona, Destino).

- ECHEVERRÍA, J. (2010) De la filosofía de la ciencia a la filosofía de la tecnociencia, *Daímon Revista Internacional de Filosofía*, 50, pp. 31-41.
- ERDURAN, S. y DAGHER, Z. R. (Eds.) (2014) *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education* (Springer, Dordrecht).
- ESPAÑA, E., RUEDA, J. A. y BLANCO, Á. (2013) Juegos de rol sobre el calentamiento global. Actividades de enseñanza realizadas por estudiantes de ciencias del Máster en Profesorado de Secundaria, *Revista Eureka*, 10, pp. 763-779.
- EUROPEAN COMMISSION (2013) Supporting teacher competence development for better learning outcomes. Ver: http://ec.europa.eu/education/policy/school/doc/teachercomp_en.pdf (Consultado el 30. XII. 2014).
- EURYDICE (2002) *Las Competencias Clave*. Ver: http://comclave.educarex.es/pluginfile.php/126/mod_resource/content/2/Competencias_clave_Eurydice.pdf (Consultado el 20. XII. 2014)
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M. (2013) La formulación química en la formación inicial del profesorado: concepciones y propuestas, *Revista Eureka*, 10, pp. 678-693.
- FINNISH INSTITUTE FOR EDUCATIONAL RESEARCH (2009) Education and Training 2010, Three studies to support School Policy Development (Tender N° EAC/10/2007) 2, *Teacher Education Curricula in the EU. Final Report* (Jyväskylä, University of Jyväskylä).
- GARCÍA-CARMONA, A. (2013) Educación científica y competencias docentes: Análisis de las reflexiones de futuros profesores de Física y Química, *Revista Eureka*, 10, pp. 552-567.
- GARRITZ, G., LORENZO, M. G. y DAZA, S. F. (2014) *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana* (Saarbrücken, Editorial Académica Española).
- GAUCH, H. G. Jr. (2012) *Scientific Method in Brief* (Cambridge, Cambridge University 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*, 10, pp. 568-581.
- HODSON, D. (2008) *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science* (Rotterdam, Sense Publishers).
- HÖTTECKE, D. y SILVA, C. C. (2011) Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge - An Analysis of Obstacles, *Science & Education*, 20, pp. 293-316.
- KUHN, D. (2012) *Enseñar a pensar* (Madrid, Amorrortu Editores).
- LEDERMAN, N. G. (1999) Teachers' understanding of the nature of science, factors that facilitate or impede the relationship, *Journal of Research in Science Teaching*, 36, pp. 916-929.
- LOUGHRAN, J. J. (2007) Science teacher as learner, en ABELL, S. K. y LEDERMAN, N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education* (Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum) pp. 1043-1065.
- LUFT, J. A., DUBOIS, S. L., NIXON, R. S. y CAMPBELL, B. K. (2015) Supporting newly hired

teachers of science: attaining teacher professional standard, *Studies in Science Education*, 51, pp. 1-48.

MARTÍN GORDILLO, M. y OSORIO, C. (2003)

Educación para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica, *Revista Iberoamericana de Educación*, 32, 165-210. Ver: <http://www.rieoei.org/rie32.htm> (Consultado el 7. XII. 2014).

MARTÍN, C., PRIETO, T. y JIMÉNEZ, M. Á.

(2013) Algunas creencias del profesorado de ciencias en formación sobre la enseñanza de la problemática de la energía, *Revista Eureka*, 10, pp. 649-663.

MARTÍNEZ AZNAR, M. M., VARELA, M^a P., EZ-

QUERRA, 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*, 10, pp. 616-629.

MARTÍNEZ, C., y GARCÍA, S. (2013) Habilidades

cognitivo lingüísticas y nutrición humana en la formación inicial del profesorado de secundaria, *Revista Eureka*, 10, pp. 664-677.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y

DEPORTE (2013a) *Marcos y pruebas de evaluación de PISA 2012, Matemáticas, Lectura y Ciencias*. Ver: <http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/pisa2012/marcopisa2012.pdf?documentId=0901e72b8177328d> (Consultado el 2. I. 2015).

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y

DEPORTE (2013b) *PIRLS - TIMSS 2011 Estudio Internacional de progreso en comprensión lectora, matemáticas y ciencias*.

IEA Volumen I, Informe español. Ver: <http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/pirlstimss2011vol1-1.pdf?documentId=0901e72b81710232> (Consultado el 2. I. 2015).

MELLADO V., RUIZ C., BERMEJO M. L. y JIMÉ-

NEZ R. (2006) Contributions from the philosophy of science to the education of science teachers, *Science & Education*, 15, pp. 419-445.

NGSS (2013) *Next Generation Science Standards,*

For States, By States (Preparing Teachers, Building Evidence for Sound Policy) (Washington DC, The National Academies Press).

NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIA-

TION (2003) *Standards for Science Teacher Preparation* (Arlington, VA, National Science Teachers Association).

OECD (2002) *Definition and Selection of Compe-*

tencies (DeSeCo), Theoretical and Conceptual Foundations (Strategy Paper). Ver: <http://www.deseco.admin.ch/bfs/deseco/en/index/02.parsys.34116.downloadList.87902.Download-File.tmp/oecd-deseco-strategy-paper-deelsaedce-ricd20029.pdf> (Consultado el 28. XII. 2014).

OSBORNE, J., SIMON, S. y COLLINS, S.

(2003) Attitudes towards science, a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, pp. 1049-1079.

PONTES, A., SERRANO, R. y POYATO, F. J.

(2013) Concepciones y motivaciones sobre el desarrollo profesional docente en la formación inicial del profesorado de educación secundaria, *Revista Eureka*, 10, pp. 533-551.

RICHARDSON, V. (1996) The role of attitudes

and beliefs in learning to teach, en SIKULA,

- J. (Ed.), *Handbook of research on teacher education* (New York, Macmillan) pp. 102-119.
- ROBERTS, D. (2007) Scientific literacy / science literacy en ABELLY, S. K. y LEDERMAN, N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education* (Mahwah NJ, Lawrence Erlbaum) pp. 729-780.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALWERTG-HENRIKSSON, H. y HEMMO, V. (2007) *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* (European Commission, Community Research).
- SCHÖN, D. (1992) *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones* (Barcelona, Paidós).
- SHAMOS, M. H. (1995) *The myth of scientific literacy* (New Brunswick NJ, Rutgers University Press).
- SHULMAN, L. S. (1986) Those who understand, Knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, 15:2, pp. 4-14.
- SHULMAN, L. S. (2005) Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma, *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9, p. 2. Ver: <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART1.pdf> (Consultado el 14. II. 2015).
- SINATRA, G. M. y PINTRICH, P. (Eds.) (2003) *Intentional conceptual change* (Mahwah NJ, Lawrence Erlbaum Associates).
- SJØBERG, S. y SCHREINER, C. (2005) How do learners in different cultures relate to science and technology? Results and perspectives from the project ROSE, *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 6, pp. 1-16.
- 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*, 10, pp. 582-593.
- SOLÍS, E., MARTÍN, R., RIVERO, A. y PORLÁN, R. (2013) Expectativas y concepciones de los estudiantes del MAES en la especialidad de Ciencias, *Revista Eureka*, 10, pp. 496-513.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. y MANASSERO, M. A. (2005) Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos, hacia una educación científica humanística, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4:2. Ver: <http://www.saum.uvigo.es/reec/> (Consultado el 2. I. 2015).
- VÁZQUEZ, Á. y MANASSERO-MAS, M. A. (2013) La comprensión de un aspecto de la naturaleza de ciencia y tecnología: Una experiencia innovadora para profesores en formación inicial, *Revista Eureka*, 10, pp. 630-648.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2014, en prensa) *Más allá de la comprensión: educación científica para pensar bien* (Manuscrito enviado para publicación).
- VÁZQUEZ-ALONSO, Á. (2013) Educación, percepción social de la ciencia en jóvenes y su relación con las vocaciones científicas, en FE-CYT (Ed.) *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2012* (Madrid, FECYT) pp. 25-68.
- VILCHES, A. y GIL, D. (2013) La ciencia de la sostenibilidad en la formación del profesorado de ciencias, *Revista Eureka*, 10, pp. 749-762.

WALLACE, C. S. y KANG, N. (2004) An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry, an examination of competing belief sets, *Journal of Research in Science Teaching*, 41, pp. 936-960.

ZEICHNER, K. M. y TABACHNICK, B. R. (1981) Are the effects of university teacher education 'washed out' by school experience?, *Journal of Teacher Education*, 32, pp. 7-11.

ZEIDLER, D. L. (Ed.) (2003) *The role of moral reasoning on socio scientific issues and discourse in science education* (Dordrecht, Kluwer Academic Press).

ZOLLER, U. y NAHUM, T. (2012) From Teaching to KNOW to Learning to THINK in Science Education, en FRASER, B. J., TOBIN, K.G. y McROBBIE, C. J. (Eds.) *Second International Handbook of Science Education* (Dordrecht, Springer) pp. 209-230.

extendidas como mitos didácticos entre el profesorado. A partir de los conceptos y creencias anteriores se plantea un modelo innovador de formación del profesorado centrado en cuatro categorías: conceptos y procesos, naturaleza de la ciencia y tecnología, actitudes y valores y destrezas cognitivas de pensamiento crítico. Finalmente, se discute la aplicación del modelo innovador de formación y sus consecuencias para mejorar la práctica educativa.

Descriptor: Didáctica de la ciencia, profesorado de ciencias, formación inicial, alfabetización científica y tecnológica, naturaleza de la ciencia y tecnología, pensamiento crítico, máster de formación del profesorado.

Summary:
Towards a development of initial science teacher training based on research

This study reviews the core concepts that research in science education advocates today to achieve quality teaching and learning of science, and therefore the concepts as evidences that should inspire the initial training of science teachers through the master studies. Thus, the concepts of scientific and technological literacy, key competencies, pedagogical content knowledge and nature of science and technology are raised, along with a list of beliefs about teaching science that represent widespread teaching mythical beliefs among teachers. From the previous concepts and beliefs an innovative four-category model of teacher training arises: concepts and processes, nature of science and

Resumen:

Hacia una formación inicial del profesorado de ciencias basada en la investigación

Este estudio revisa los conceptos centrales que la investigación en didáctica de la ciencia propugna hoy para lograr una enseñanza y aprendizaje de las ciencias de calidad, como evidencias para inspirar la formación inicial del profesorado de ciencias a través de los estudios de máster. Así, se plantean los conceptos de alfabetización científica y tecnológica, competencias clave, conocimiento didáctico del contenido y naturaleza de la ciencia y tecnología, junto con una lista de creencias sobre la enseñanza de las ciencias, ampliamente

technology, attitudes and values and cognitive skills of critical thinking. Finally, the application of the innovative training model and its implications for improving educational practice are discussed.

Key Words: Science education, science teachers, initial training, scientific and technological literacy, nature of science and technology, critical thinking, master teacher training.

Apéndice 1

Orden ECI/3858/2007, de 27 de diciembre y Orden EDU/3498/2011, 16 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.