10 MEJORAR LA FORMACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS DE LOS FUTUROS Y FUTURAS DOCENTES HACIA UNA REVISIÓN DE SU PERFIL Y DE LAS PRIORIDADES FORMATIVAS

Antonio Mateos Jiménez (Universidad de Castilla - La Mancha)
José Reyes Ruiz-Gallardo (Universidad de Castilla - La Mancha)

1. LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LA COMPETENCIA CIENTÍFICA: DE SU IMPORTANCIA A SU PROBLEMÁTICA Y CONSECUENCIAS

Gracias a los continuos avances científicos y al desarrollo tecnológico, nos encontramos en un mundo cada vez más tecnificado. Confiamos en la ciencia para resolver nuestros problemas cotidianos, a pesar de que la labor científica parece estar poco valorada socialmente y pasa desapercibida en la mayor parte de las ocasiones.

Indudablemente, el progreso científico y tecnológico, siempre siguiendo los principios éticos, es uno de los motores de la sociedad. Ello conlleva crear un entorno en continuo cambio, lo que supone que debamos aprender a manejar útiles, enseres, herramientas, etc., cada vez más tecnificados. Es por ello que la alfabetización científica y tecnológica se ha convertido en algo imprescindible para desenvolverse en el día a día. Como indican Bromme y Goldman (2014), es muy importante para todos los ciudadanos y ciudadanas entender y estar al tanto de la información científica actualizada, pero también aprender a ser críticos con estos avances, discriminando aquello que es bueno o necesario de lo que no lo es tanto.

Corresponde a la educación formal enseñar los contenidos y la correspondiente competencia científica y tecnológica y, por tanto, a las autoridades incluirla en sus programas académicos concediéndoles la importancia que merecen. En este sentido, la última ley educativa Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) (BOE, 2013), como las leyes anteriores, incluye esta competencia aunque aporta como novedad que separa las Ciencias Naturales de las Ciencias Sociales (Artículo 18.2.), considerando troncales a las primeras. También en su artículo 21 dice que, en sexto curso, los alumnos y alumnas harán una prueba

Prólogo de Federico Mayor Zaragoza

Antonio Mateos Jiménez
Asunción Manzanares Moya
–Directores–

MEJORES MAESTROS, MEJORES EDUCADORES

Innovación y propuestas en Educación

EDICIONES ALJIBE

© Antonio Mateos Jiménez y Asunción Manzanares Moya (Directores)
© Ediciones Aljibe, S. L., 2016
Tlf.: 952 71 43 95
Fax: 952 71 43 42
Canteros 3-7-29300- Archidona (Málaga)
e-mail: aljibe@edicionesaljibe.com
www.edicionesaljibe.com

I.S.B.N.: 978-84-9700-817-4
Depósito legal: MA 574-2016

Diseño, maquetación y cubierta: Al-Ophiucus XXII
Ilustración de cubierta: © hxdbzxy, Oleksandr Berezko

Imprime: Imagraf. Málaga.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com; 91 702 19 70 / 93 272 04 47).

10 MEJORAR LA FORMACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS DE LOS FUTUROS Y FUTURAS DOCENTES HACIA UNA REVISIÓN DE SU PERFIL Y DE LAS PRIORIDADES FORMATIVAS

Antonio Mateos Jiménez (Universidad de Castilla - La Mancha)
José Reyes Ruiz-Gallardo (Universidad de Castilla - La Mancha)

1. LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LA COMPETENCIA CIENTÍFICA: DE SU IMPORTANCIA A SU PROBLEMÁTICA Y CONSECUENCIAS

Gracias a los continuos avances científicos y al desarrollo tecnológico, nos encontramos en un mundo cada vez más tecnificado. Confiamos en la ciencia para resolver nuestros problemas cotidianos, a pesar de que la labor científica parece estar poco valorada socialmente y pasa desapercibida en la mayor parte de las ocasiones.

Indudablemente, el progreso científico y tecnológico, siempre siguiendo los principios éticos, es uno de los motores de la sociedad. Ello conlleva crear un entorno en continuo cambio, lo que supone que debamos aprender a manejar útiles, enseres, herramientas, etc., cada vez más tecnificados. Es por ello que la alfabetización científica y tecnológica se ha convertido en algo imprescindible para desenvolverse en el día a día. Como indican Bromme y Goldman (2014), es muy importante para todos los ciudadanos y ciudadanas entender y estar al tanto de la información científica actualizada, pero también aprender a ser críticos con estos avances, discriminando aquello que es bueno o necesario de lo que no lo es tanto.

Corresponde a la educación formal enseñar los contenidos y la correspondiente competencia científica y tecnológica y, por tanto, a las autoridades incluirla en sus programas académicos concediéndoles la importancia que merecen. En este sentido, la última ley educativa Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) (BOE, 2013), como las leyes anteriores, incluye esta competencia aunque aporta como novedad que separa las Ciencias Naturales de las Ciencias Sociales (Artículo 18.2.), considerando troncales a las primeras. También en su artículo 21 dice que, en sexto curso, los alumnos y alumnas harán una prueba

individualizada de competencias entre las que se encuentra la científica y tecnológica, junto a la matemática y a la de comunicación lingüística. Ello podría considerarse como avances a favor de la enseñanza científica.

En cuanto al Real Decreto (RD) 126/2014 en el que se establece el currículo básico de Educación Primaria, en esta nueva Ley (BOE, 2014), cuando habla de competencias a desarrollar (Art. 2.2.), la segunda que recoge es la competencia matemática y competencias básicas en ciencias y tecnología. Como vemos, la une a la matemática pero la diferencia de la competencia digital. En este mismo punto, especifica que se potenciarán las competencias básicas en ciencia y tecnología junto a la matemática y a la de comunicación lingüística, quedando así destacada de entre las 7 competencias propuestas por el RD, en lo que podríamos entender como otro reflejo del valor de las ciencias en el currículo.

Sin embargo, y descendiendo a la realidad, el tiempo dedicado a las Ciencias Naturales decrece. Por ejemplo, en la anterior regulación del currículo de Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Castilla - La Mancha (DOCM, 2007), se asignaban 6 horas para Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural y, en consecuencia, de ellas, 3 horas semanales eran el Medio Natural (Ciencias Experimentales). Ahora, en la misma comunidad, el currículo asigna a las Ciencias Naturales 3 sesiones pero cada sesión se ha reducido a 45 minutos lectivos. Como ya expresaron Jiménez-Aleixandre y Sanmartí (1995), cada vez se incluyen más contenidos científicos, pero el tiempo de las asignaturas que lo desarrollan es más limitado (COSCE, 2011).

Si hablamos de peso relativo en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, por ejemplo, la cuota de las Ciencias Naturales es del 10% (3 sesiones de las 30 semanales), al mismo nivel que las Ciencias Sociales, la Educación Física o la artística y por debajo de la Lengua Extranjera (13%, aunque se equipara a partir de 4º curso), la Lengua Castellana y Literatura y las Matemáticas (20% cada una). Las Ciencias Naturales sólo superan a la Religión/Valores Sociales y Ciudadanos y, a partir de 4º curso, a la Educación Artística, lo que parece indudablemente escaso, máxime cuando en la filosofía de la Ley y el RD se intuye que se pretenden destacar competencias como la comunicación lingüística, la competencia matemática y la científica y tecnológica, por lo que parecería lógico equiparar, también, las horas dedicadas en la docencia.

Podemos constatar diversas consecuencias de la menor presencia de las ciencias en las aulas escolares. Una de las más llamativas es la aparición de mediocres resultados en niños y niñas españoles en la competencia científica. Así, si atendemos, por ejemplo, al Informe PISA (Programme for International Student Assessment) y concretamente a los resultados de 2012, los estudian-

tes españoles están, con respecto al ámbito de las ciencias, en el puesto 21 de los 34 países evaluados, 5 puntos por debajo de la media de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos), siendo esta diferencia estadísticamente significativa (MECD, 2012).

Países como Japón, Finlandia, Estonia y Corea son, por este orden, los que mejores resultados obtienen en este área. Como dato positivo, la puntuación obtenida en ciencias en España es más alta que en matemáticas (puesto 25 de 34), y que en comprensión lectora, en la que estamos situados en el puesto 23. No obstante, como se puede observar, las posiciones cambian poco en las distintas disciplinas estudiadas. Un elemento positivo es, al menos, que la puntuación en ciencias en 2012 es superior a la obtenida en la evaluación de 2006, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa. Y, como se ha comentado en las propias valoraciones del Ministerio de Educación y Cultura español[23], el problema no deriva exclusivamente de una falta de conocimientos sino del modo en el que se usan esos conocimientos, lo que proviene de un aprendizaje descontextualizado, poco profundo y escaso de significado, síntoma de una didáctica de las ciencias inadecuada, cuando no inexistente.

Otro elemento de reflexión es el escaso tiempo dedicado a la formación inicial científica y didáctica por parte de las facultades encargadas de formar a maestros y maestras (Boesdorfer, Lorsbach y Morey 2011). Ello se constata incluso en facultades de educación coreanas o finlandesas[24], donde los programas para futuros maestros y maestras poseen un número de créditos dedicados a ciencias o a Didáctica de las Ciencias Experimentales que no destacan por ser especialmente elevados. Por lo tanto, el reto no sólo debe ser aumentar el número de horas impartidas, sino considerar otras variables como la formación que reciben en Educación Primaria y Secundaria, la concepción y el valor de la ciencias en esas sociedades, y puede que también influya el qué y el cómo son las competencias, las metodologías y las estrategias de trabajo que se plantean en dichas facultades.

Más preocupante que la reducida asignación temporal a las Ciencias Naturales es la forma en que habitualmente se enseñan. Durante generaciones,

23 Véase, por ejemplo: www.europapress.es/sociedad/educacion/noticia-wert-afirma-diagnostico-informe-pisa-sistema-educativo-repetitivo-veces-aburrido-20140408170734.html.

24 Dada la dificultad de encontrar los programas académicos en idiomas como el inglés, se ha contactado con universidades como Turku en Finlandia o Ewha Womans University en Corea, que tienen titulaciones de formación inicial de maestros. En la primera se imparten 10 créditos relacionados con Física y Química, y Biología y Salud. En Ewha, son 6 los créditos y tratan sobre métodos de enseñanza de las ciencias y sobre teorías básicas en ciencias. En ambos casos nos informan de que es posible cursar más asignaturas, de modo opcional, pero en otras facultades relacionadas con las ciencias.

los alumnos y alumnas que han sido instruidos de una manera conceptual y apoyada en la mera transmisión de conceptos, han percibido que la ciencia es algo que ya está hecho, que se basa en memorizar contenidos o fórmulas que siempre producirán una respuesta correcta a un problema dado (CUSE, 1997). Ciertamente, la visión que se tiene de la ciencia y de sus posibilidades estará marcada por el tipo de formación recibida. Pero si los maestros y maestras enseñan de ese modo es porque esa es la forma en que se les ha enseñado, ya que se tiende a reproducir patrones didácticos (Biggs, 2005).

Así pues, parece que la universidad puede tener mucho que ver en el problema. Y es que, en efecto, la transmisión conceptual es la forma que más comúnmente se emplea para enseñar. En un estudio en la Universidad de La Laguna, sobre 330 profesores y profesoras se determinó que la clase magistral era utilizada siempre o casi siempre por el 60% de los docentes (Baena *et al.*, 2004). También Biggs (2005) indica que es la forma estándar de enseñanza en la universidad. Hay estudios que lo confirman incluso en el entorno escolar. Por ejemplo, Sáez-López y Ruiz-Gallardo (2013) encuentran en un estudio de caso sobre colegios de dos provincias españolas, que la transmisión de conocimientos basada en el libro, con cierto apoyo de las TIC, es la forma habitual de trabajo, y que la participación del alumnado en su proceso de enseñanza aprendizaje es sólo puntual. Vílchez, Ceballos y Escobar (2014), en la misma línea, concluyen que el enfoque tradicional de clase, con explicación del profesor o profesora, es el predominante en la escuela en el ámbito de Sevilla y su provincia.

¿Estamos realmente en una crisis en la enseñanza de las ciencias? Esta cuestión concuerda con lo expresado por autores como McDermott (1990) o Davies (2011). De ser así, se apunta como una causa principal la forma en que la universidad ha tenido (e incluso tiene) para educar a los futuros y futuras profesionales de la enseñanza de las ciencias a través de un modelo dominante de trasmisión de conceptos (McDermott, 1990; Atrio, 2012) que, a su vez, se traslada a colegios e institutos de secundaria.

2. ¿MÁS CIENCIAS O MÁS DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS? IMPLICACIONES PARA UN MODELO DE FORMACIÓN DEL FUTURO Y FUTURA DOCENTE

Visto que dos de los problemas importantes aquí expuestos son la menor presencia de las ciencias en el currículum escolar y la metodología docente de tipo expositivo centrada en los conocimientos, existe un tercer factor que condiciona buena parte del cómo será la enseñanza de las ciencias en la escuela: el modelo de formación básica (científica o didáctico-científica) que reciben los

estudiantes en las facultades de educación o de formación del profesorado. Hay una pregunta crucial cuya respuesta permitiría deducir qué modelo de formación subyace. La cuestión es: ¿debemos formarles con más intensidad en los conocimientos científicos, en la didáctica científica o en ambos aspectos? Si miramos el escenario escolar, el análisis de los correspondientes *curricula* de Educación Primaria que se van aprobando, ley educativa tras ley educativa, permite pensar en la idea de acumulación de contenidos científicos frente a la potenciación didáctica.

La opción de un modelo basado en los contenidos científicos se justifica a veces en que es en la escuela primaria donde se introducen la mayor parte de estos conceptos a los niños y niñas y, por tal motivo, los maestros y maestras deberían tener un amplio conocimiento de muchos de estos conceptos (Bulunuz y Jarret, 2009; González García, 2015). Sin embargo, esta primera conclusión puede introducir ya una distorsión de partida. Deberíamos reflexionar si la escuela debe ser el espacio para trabajar cada vez más conceptos científicos o si no sería mejor replantear nuestro esfuerzo hacia las formas de enseñar a aprender ciencias en el colegio, es decir, poner el énfasis en aquellos aspectos metodológicos y actividades que permitan al alumnado escolar fidelizarse con la ciencia, no sólo con sus principales conceptos y/o teorías.

A la vez que crece la exigencia curricular de ciencias en primaria (aunque como ya se ha indicado, ajustada a menos tiempo real de clase), parece que la oferta en materia científica en el *curriculum* de las facultades de educación se reduce. Esto ocurre también en la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Si analizamos el plan de estudios anterior al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), donde existían dos figuras de maestros y maestras generalistas (Infantil y Primaria) y tres especialidades (Lenguas Extranjeras, Educación Musical y Educación Física), la suma total de horas (y créditos de asignaturas) de formación en ciencias y en didáctica científica de los futuros maestros y maestras generalistas era sensiblemente superior al actual plan de estudios, que forma exclusivamente docentes generalistas. Tal hecho podría deberse a las decisiones tomadas a la hora de elaborar los planes de estudio del Grado de Maestro, que en nuestra universidad parecen alejarse un poco de las necesidades formativas reales de los estudiantes, respondiendo más a intereses departamentales o a influencias de áreas de conocimiento, aspecto ya citado en otros casos (Atrio, 2012).

Cabría plantearse qué asignaturas de ciencias son realmente las que han perdido importancia. En el caso de la UCLM, son las didácticas. Si observamos expresamente el contenido de estas asignaturas en las facultades de educación de la UCLM, comprobamos que, para el Grado de Maestro de Educación In-

fantil[25], el 66% de la carga total obligatoria se orienta a contenidos científicos (asignatura: Biología, Salud y Alimentación Infantil, 6 créditos), frente al 34% que responde a una asignatura de naturaleza didáctica: Didáctica del Medio Natural, Social y Cultural, con 6 créditos compartidos con el área de Ciencias Sociales, a razón de 3 cada uno.

De igual forma, en el plan de estudios del Grado de Maestro de Educación Primaria[26], la relación entre asignaturas es todavía más desajustada. Frente a los 12 créditos de las dos asignaturas, denominadas Medio Natural I y su Didáctica, y Medio Natural II y su Didáctica (correspondientes a Física y Química y su Didáctica, y Biología y Geología y su Didáctica, respectivamente), sólo 3 créditos (un 75% menos) se dirigen a la asignatura específica de Didáctica, con igual denominación y carga que la ya mencionada para el Grado de Infantil. En el paso de Diplomatura a Grado, se han perdido asignaturas troncales para el Grado de Primaria, como Didáctica de las Ciencias Experimentales, que resultaba muy necesaria en este enfoque didáctico.

Si observamos lo que ocurre en otros planes de estudio de formación de maestros y maestras en otras universidades, como la Universidad Complutense de Madrid[27] o la Universidad de Valencia[28], las asignaturas de ciencias aumentan algo respecto de la nuestra aunque sólo sea por la carga de optatividad; y, en cuanto a las denominaciones, parecen más orientadas a la didáctica científica. Si acudimos ya a los planes de formación en universidades extranjeras, los modelos que hemos referido anteriormente (Finlandia o Corea) se diferencian mucho entre ellos, aunque las asignaturas parecen centrarse particularmente en cuestiones didácticas.

La revisión de la literatura especializada suele destacar dificultades en los dos ámbitos en discusión (Didáctica de las Ciencias frente a contenidos científicos). Como ya hemos adelantado anteriormente, se ha advertido del escaso tiempo destinado para enseñar Didáctica de las Ciencias a los futuros y futuras docentes, lo que conlleva que los maestros y maestras en activo se apoyen más en los libros de texto y tiendan a usar menos actividades relacionadas con discusiones y pensamiento científico (Topping, Peter, Stephen y Whale, 2004). Asimismo, otros trabajos recuerdan la falta de preparación científica de los aspirantes a docente. De hecho, son bastantes los estudios que muestran cómo

25 Recuperado de http://educacion.ab.uclm.es/pdf/BOE_INFANTIL.pdf.
26 Recuperado de http://educacion.ab.uclm.es/pdf/BOE_PRIMARIA.pdf.
27 Recuperado de http://educacion.ucm.es/estudios/2014-15/grado-educacionprimaria-estudios-estructura.
28 Recuperado de http://www.uv.es/uvweb/universidad/es/estudios-grado/oferta-grados/ofer ta-grados/grado-maestro/educacion-primaria-1285846094474/Titulacio.html?id = 1285847460730yplantilla = UV/Page/TPGDetaillyp2 = 2.

tanto los maestros y maestras como los estudiantes de Magisterio tienen los mismos errores conceptuales que los niños y niñas a los que están enseñando (Atwood y Atwood, 1996; Kikas, 2004; Çalik y Ayas, 2005; Bulunuz y Jarrett, 2009). Se trata, por tanto, de un problema grave, ya que podrán ser los propios maestros y maestras los que transmitirán los errores a su alumnado.

En una primera impresión, dos parecen ser los retos importantes que se plantean en las facultades de educación. Por un lado, asentar una buena formación básica científica; y, por otro, y sobre todo, incidir en una didáctica científica centrada en los escolares de modo que éstos, en el futuro, vayan adquiriendo las competencias científicas adecuadas que les permitan ser capaces de tener juicio crítico y tomar decisiones que conlleven un razonamiento científico.

Así pues, cabría plantearse varias cuestiones: ¿es adecuado dedicar los escasos 6 créditos ECTS de las asignaturas de Ciencias Experimentales a asentar o mejorar la formación científica básica del alumnado de las facultades de educación con programas amplios y con metodologías tradicionales, cuando lo que realmente demanda la escuela son formas activas e innovadoras de trabajar para aprender ciencias?, ¿deben servir las asignaturas de Ciencias Experimentales en estos centros para asumir la tarea que quizás otras etapas del sistema educativo deberían realizar? En pocas palabras, ¿qué modelo de formación deben adoptar las facultades de educación en el ámbito de las ciencias?

Básicamente, la clave está en si hay que enfocar las asignaturas de Ciencias Experimentales y su didáctica hacia la revisión y actualización de los conocimientos en estas ciencias u orientarlas hacia cómo deben trabajarse y enfocarse para que los escolares los aprendan de forma activa. No podemos eludir el debate de fondo que subyace en la dualidad entre Ciencia y Didáctica Científica. Este debate trasciende a la bibliografía especializada y desciende a las facultades y departamentos universitarios. A veces nos encontramos con docentes universitarios que, amparándose en la idea de que sólo se puede enseñar bien lo que se sabe bien (para enseñar latín hay que saber primero latín), cargan el peso académico y docente en los conceptos científicos. Tras esa defensa puede estar, en ocasiones, no sólo dicha convicción sino también una posible falta de seguridad en su formación didáctica, una minusvaloración de esta rama del saber (la didáctica específica) o incluso cierta comodidad docente para no encarar nuevos retos profesionales o actualizarse didácticamente. En tal sentido, Gil Pérez, Carrascosa y Martínez-Terrades (2000, p. 14) lo explican con total claridad: "[...] En el caso concreto de la Didáctica de las Ciencias es preciso tener en cuenta unas tradiciones docentes (y sociales) muy enraizadas que consideran la enseñanza como una tarea simple para la que basta con conocer la materia,

tener alguna práctica docente y, a lo sumo, adquirir algunos conocimientos 'pedagógicos' de carácter general".

La apuesta por los contenidos académicos frente a la didáctica se traduce, a veces, en una ambigua ubicación en las asignaturas del término didáctica delante o detrás de la ciencia a trabajar. Y es por ello que Biología y su Didáctica se suele asociar más con una biología con matices didácticos (o sin ellos incluso), mientras de la Didáctica de la Biología no dejaría rastro a las dudas sobre su carácter didáctico. No obstante, no parece convincente que la ubicación de dicha palabra clave al inicio o al final sea tan determinante si realmente el objetivo del modelo de formación que pretendemos está claro. Tampoco ayudan, en esta discusión, los documentos y orientaciones ministeriales que, sistemáticamente en la universidad española, no han aclarado la línea divisoria entre las Ciencias (y su Didáctica) y la Didáctica de las Ciencias, argumento que ha podido servir también como excusa para que el profesorado correspondiente las separara y se inclinase por una u otra opción (aunque más por la versión menos didáctica).

En este capítulo apoyamos decididamente que la formación en ciencias en las facultades de educación debe centrarse inequívocamente en la Didáctica Científica y no inclinarse a la trasmisión de conceptos. No sólo por una cuestión de coherencia del propio sistema educativo (que no debe dejar en manos de estas facultades el esfuerzo formativo que pertenece a otras etapas educativas), sino porque la función última que una sociedad moderna atribuye a los maestros y maestras es propiciar y estimular el aprendizaje inicial y permanente de los escolares como futuros ciudadanos y ciudadanas, y a esto responde más una Didáctica de las Ciencias como herramienta de formación.

La Didáctica de las Ciencias se ha construido, en las últimas décadas, como una ciencia con entidad propia (Gil Pérez, 1983; Gil Pérez, Carrascosa y Martínez-Terrades, 2000), con su epistemología, su cuerpo de conocimientos y su naturaleza y especificidad, a caballo entre las ciencias experimentales y la educación, participando necesariamente de ambas. Ello implica que ha conseguido un *status* incuestionable para poder ser área formativa independiente de las ciencias experimentales, *status* que no siempre es conocido o aceptado por parte del profesorado, como se ha comentado previamente.

Llegado a este punto, emerge un cuarto factor decisivo, además de los tres apuntados al inicio del presente epígrafe, y es la selección del profesorado universitario. Hay autores que reclaman sistemáticamente que el profesorado que formará maestros y maestras debe ser un punto clave para la calidad del sistema educativo (Bolívar, 2012). Igualmente, en los últimos años se han avanzado

también factores que determinan el éxito y la calidad del docente universitario, destacándose sin duda su formación y adecuación al perfil exigido (Reyero, 2014). En el ámbito de la Didáctica Científica, no podemos olvidar que desde los años noventa se vienen advirtiendo las carencias del sistema de formación del profesorado, que más bien separa los contenidos científicos de los pedagógicos, eludiendo la visión global e integrada que precisan los problemas de Enseñanza aprendizaje de las Ciencias (McDermott, 1990; Viennot, 1997).

Concluimos, en base a todo ello, que el profesorado que imparte asignaturas de Didáctica de las Ciencias Experimentales en las facultades de educación, debe estar suficientemente formado en la didáctica científica y en métodos activos que propicien el aprendizaje de las ciencias a través de la creatividad, capacidad cada vez más valorada en un mundo globalizado (Davies, 2011). Tanto la selección del alumnado, que debiera ser escogido a partir de su buena trayectoria académica también en ciencias, como la propia elección del profesorado universitario, han de ser pilares básicos en un proceso de mejora educativa.

Esta exigencia de formación didáctica para el profesorado destinado en las facultades de educación debería ser defendida con convicción por las autoridades académicas, decanatos y departamentos universitarios, evitando así los numerosos casos de profesores y profesoras cuya formación inicial en ciencias puras ya les habilita para reivindicar docencia en estas facultades. También habría que revisar la acción de algunos departamentos de áreas científicas que hacen de la docencia en estas facultades un mero complemento para cubrir créditos de su profesorado. De la misma forma, el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales (integrada en el caso de la UCLM dentro del Departamento de Pedagogía) debería ser la "encargada natural" de asumir el módulo específico de ciencias de estudios tan relevantes como es el Máster Universitario en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas[29] por su carácter profesionalizante. Sin embargo, departamentos y áreas de conocimiento ajenos a la didáctica científica controlan dicha docencia, incluso en asignaturas tan específicas como: Innovación docente en Ciencias o Seminario de investigación educativa en Ciencias. Todo esto es un indicativo más de que, como daban a entender Gil Pérez, Carrascosa y Martínez-Terrades (2000), la didáctica de las ciencias está minusvalorada y todavía es una conquista pendiente en algunas universidades.

Urge pensar y revisar qué tipo de enseñanza en ciencias ofrecemos a los futuros y futuras docentes, y si responde realmente al complejo escenario que habitamos. Conviene reflexionar sobre si el modelo de trasmisión conceptual

29 Recuperado de http://mufps.masteruniversitario.uclm.es/objetivos.aspx.

y de ciencia cerrada adoptado hace años, pensando en un maestro o maestra de una sociedad concreta, sigue vigente para una sociedad como la actual y la futura, ávida de innovación y en movimiento constante. Desde esa perspectiva, la parte final del capítulo plantea la necesidad de un nuevo perfil formativo del maestro y la maestra en ciencias.

3. FORMAR MAESTROS Y MAESTRAS EN UNA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS CON VISIÓN DE FUTURO

La forma tradicional de enseñanza de las ciencias debe dar paso a un modelo donde la figura del alumnado debe ser protagonista, como ya promulgaban autores reconocidos como Harlen (1985) y Osborne y Freiberg (1985). Se aprenderá mejor ciencias si los estudiantes se ven envueltos en su reinvención, si se les anima a trabajar datos, problemas o situaciones en vez de darles el hecho, el concepto y las respuestas finales (McDermott, 1990; McKeachie, 1994). Es difícil que tanto maestros y maestras como niños y niñas entiendan la ciencia como algo tentador y en constante construcción si sólo aprenden sus contenidos (Lederman y Abd-El-Khalick, 1998). Así, MacComas (1998) sugiere que hay que repensar los objetivos de la Didáctica de las Ciencias.

Es fundamental, asimismo, plantear una didáctica de las ciencias en la universidad que se apoye en el ejemplo, no nuevamente en la explicación de cómo y cuáles son los métodos, modelos, técnicas y estrategias (evitar el haz lo que digo, no lo que hago). Una didáctica de las ciencias basada en el buen hacer didáctico del profesor o profesora, donde se alcance el aprendizaje de manera participativa, cooperativa, activa, razonada, etc., que ejemplifique todo aquello que el alumnado debe hacer en sus futuras aulas con sus niños y niñas, y donde el docente de didáctica sea el modelo a seguir en su futura actividad profesional (Figura 11).

La didáctica de las ciencias que enseñemos a los futuros maestros y maestras en las facultades de educación debe hacerles ver que, con frecuencia, no hay que dar clase de ciencias. Autores como Sam E. Brown (2002) proponen que, con los niños y niñas más pequeños, hay que idear un entorno que propicie el aprendizaje por sí mismos, que las situaciones que acontecen continuamente sean el motivo de la clase de ciencias. Insiste este profesor de la Universidad de Texas, quien abandonó temporalmente su profesión para enseñar en una escuela infantil, en la figura del maestro y maestra como "modelo" de hábitos, actitudes y acciones y fuente de imitación para los escolares. Por ejemplo, si el maestro o maestra a diario come fruta en el desayuno ante el grupo de clase, llega al colegio caminando o en bicicleta o cuida una planta, estará indirectamente promoviendo hábitos saludables o el valor del cuidado y cariño a la naturaleza.

Trata el mismo autor (Brown, 2002) de algo que debemos enseñar en nuestras asignaturas de didáctica científica: **el rincón de la ciencia**, que potencia enormemente capacidades como la observación o la manipulación. Los objetos que contiene este rincón deberían ser aportados mayoritariamente por los propios escolares y es importante que este gesto sea apreciado convenientemente por el maestro o la maestra. Es sorprendente la variedad y riqueza de objetos que pueden aportar y muy gratificante cómo lo valoran. Algunos de los alumnos y alumnas que lo han iniciado en sus aulas, durante sus prácticas en colegios, se ven sorprendidos por las enormes colecciones de hojas, semillas o conchas que pueden reunir. Lupas, pinzas, tijeras, instrumentos de medida, por ejemplo, son útiles en este rincón. El autor habla también de peceras, criaderos de hormigas, etc. La imaginación es infinita y el rincón funciona.

Sin duda, un elemento fundamental que debe potenciarse y transmitirse al alumnado de didáctica de las ciencias es la **creatividad** (Davies, 2011; Li y Johnston, 2015). Koestler (1964, en Davies, 2011) dice que la creatividad es la capacidad para conectar ideas que inicialmente no lo estaban. Necesitamos niños y niñas que sean capaces de hacerlo, de pasar del conocimiento aislado a darle conexión para poder extraer conclusiones, para formar grandes ideas de elementos parcializados. Davies (2011, p. 18) resume las características de lo que es una enseñanza de las ciencias creativa, a partir de las observaciones realizadas por Oliver (2006):

1. **Cambiar lo predecible por algo mejor**. Un problema es repetir las mismas actividades, de las cuales los niños y niñas ya saben cuál será su resultado. Hay que modificarlas en parte para conseguir novedad y regenerar el entusiasmo. Por ejemplo, en lugar de plantar judías o lentejas, cambiar a patatas, guisantes o hacer un huerto. Una de nuestras alumnas en prácticas, incluso llegó a sembrar un macarrón que una niña trajo de casa, cuando pidió semillas comestibles para plantar. En lugar de rechazar directamente su propuesta hizo así que la niña viera el resultado y construyera su conocimiento.
2. **Hacer de lo cotidiano algo fascinante**. La sobre-estimulación a la que niños y niñas están sometidos (principalmente por los medios de comunicación), hace que las cosas cotidianas carezcan de interés. Sanders (2007) encuentra que la naturaleza pasa desapercibida a muchos ciudadanos y ciudadanas. Un maestro o maestra creativo consigue que sus alumnos y alumnas vean a su alrededor el mundo y los hechos científicos como algo fascinante, simplemente desplegando una actitud que valore lo común.
3. **Compartir el asombro**. Mostrar fascinación ante los sucesos y compartirla con los niños y niñas por el hecho de que pueden derivar en ciencia.

Piénsese en el reflejo de la luz del sol en el aula o la formación de un arco iris al atravesar un vaso con agua.

4. **Mirar las cosas de manera diferente**. Ayudar a los niños y niñas a que se fijen más allá de lo que simplemente se ve, a cuestionarse y utilizar ojos científicos. Ligar la ciencia y el arte. Por ejemplo, mirar las nubes y preguntarse qué son, pero valorar también sus formas caprichosas y cómo cambian, al tiempo que se razona su por qué, etc.
5. **Maximizar la oportunidad de los momentos**. De particular interés son las actividades que, por cualquier causa, salen mal. Los docentes creativos dan valor añadido a estas actividades. Buscan las razones para encontrar otras soluciones, para hacer nuevas demostraciones o para simplemente hacer ver que la ciencia no es perfecta.
6. **Humanizar la ciencia**. La ciencia nos envuelve y se debe asociar a la realidad del niño y la niña. Si se consigue que la cuestión a trabajar se aprenda a partir de lo que ocurre en su día a día, aprenderán con más facilidad conceptos más complicados, ya que tendrán significado: por ejemplo, una botella de plástico vacía, si se calienta un poco, se hincha, si se enfría, se arruga. Ello nos lleva establecer la relación de la expansión-contracción de los gases con la temperatura.
7. **Valorar las preguntas**. En Didáctica de las Cencias, trabajando con niños y niñas, tiene más valor la pregunta que la respuesta. Lejos de preocuparnos las preguntas inesperadas, se puede sugerir un tablón de preguntas que pueden ser base de futuras actividades y que los propios niños y niñas pueden responder.
8. **Cambiar los estilos de enseñanza**. Un maestro o maestra creativo debe adaptar los aprendizajes y las formas de enseñar en función de cómo es su alumnado, orientando su modo de trabajo a sus escolares, e incluso utilizando diferentes estrategias de EA para conseguir un mismo objetivo.
9. **Fomentar la autonomía**. Las actividades no tienen que estar meticulosamente estructuradas. Puede dejarse que los niños y niñas decidan qué variables cambiar, qué materiales utilizar o el mecanismo por el que proceder. Lejos de verlo como un riesgo, es una manera de potenciar su imaginación y su capacidad creativa al tiempo que la necesaria toma de decisiones (de Bie, 2009; Storm y de Bie, 2015).

Hemos de insistir en nuestras aulas de didáctica de las ciencias, en actividades que hagan pensar, propicien el hacer y fomenten el hablar. Con estos tres verbos: pensar, hacer y hablar, los futuros y futuras docentes tendrán sólidas herramientas de trabajo en la escuela. Como recuerda Rosa María Pujol (2003):

- **Una ciencia que enseñe a pensar**. Los niños y las niñas dan explicación a las cosas que suceden a su alrededor y debemos aprovechar esta capacidad en la enseñanza de las ciencias. Así, es necesario hacer ver a los futuros maestros y maestras que, propiciando en sus aulas modelos de enseñanza aprendizaje activos, en los que los escolares construyan modelos mentales próximos a los construidos por los científicos y científicas, sustituyen sus propias concepciones, si las ven inadecuadas, para explicar lo ocurrido. Hay que poner especial énfasis en las preguntas que llevan a otras nuevas, de modo que el niño y la niña monte y desmonte sus propios modelos.
- **Una ciencia que enseñe a hacer**. Hacer y pensar deben ir ligados en la enseñanza de las ciencias. La observación y la experimentación, la recogida sistemática y meticulosa de datos, su análisis, etc., son elementos fundamentales en una clase de ciencias que necesariamente deben ir acompañados de un proceso de razonamiento sobre los datos, su análisis y sus resultados.
- **Una ciencia que enseñe a hablar**. La comunicación es fundamental para entender las ciencias. Contrastar resultados, evaluarlos en común, dar explicaciones, extraer hipótesis, enfrentar modelos mentales generados, etc., debe estar por encima de la premura en el tiempo. Recalca Biggs (2006) que para conseguir un aprendizaje profundo es necesario reflexionar suficientemente, lo que requiere tiempo. Si esta reflexión se comparte y argumenta, profundizaremos más en su sentido, le daremos significado y aumentaremos su calidad.

Otro elemento básico es desarrollar estrategias que enseñen a **leer ciencias**. Este aspecto, a veces olvidado, parece muy útil en la formación de docentes y debería ser una capacidad a trabajar en todos los cursos, desde primaria hasta la universidad. Ejemplos de ello es la lectura y discusión con el alumnado de artículos científicos como vía para analizar las fases del trabajo científico (Mateos, 1992), o los artículos de divulgación y otros textos como fuente donde poder desarrollar una lectura crítica y favorecer el pensamiento abstracto (Sanmartí, 2007; Oliveras, Márquez y Sanmartí, 2012).

Formar futuros maestros y maestras en las destrezas de hablar y leer desemboca en una capacidad esencial sobre la que debemos poner especial atención en nuestras clases: la **argumentación**, uno de los temas de investigación más prominentes en la última década en didáctica de las ciencias (Osborne *et al.*, 2013). La argumentación se basa en la discusión entre personas, aportando argumentos sobre lo que se expone. En el caso de los niños y niñas, como destacan Simon y Maloney (2007), si queremos que desarrollen adecuadamen-

te un pensamiento científico es necesario que les enseñemos cómo argumentar sus ideas, es decir, han de clarificarlas, ordenarlas y articular cómo exponerlas al resto de manera convincente. Muchas estrategias utilizan y desarrollan esta capacidad de argumentación, tales como el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en problemas, en proyectos o en casos, etc. Simon y Maloney (2007), por ejemplo, explican algunas actividades para potenciar la argumentación científica en Educación Primaria.

Uno de los requisitos importantes para los futuros y futuras docentes es que sepan motivar a su alumnado, y que sean capaces de emplear los mejores recursos para ello. Entre estos recursos destaca el *Concept Cartoons*[30], ya referido por Duncan Reavey en el capítulo previo, donde aparece un ejemplo (véase la Figura 8 de dicho capítulo). Fue ideado en 1991 por Brenda Keogh y Stuart Naylor (Naylor y Keogh, 2013) y se ha mostrado muy eficaz para la enseñanza de las ciencias en los niños, niñas y adolescentes (véase, por ejemplo Galera-Tébar y Ruiz-Gallardo, 2015, o Ültay, 2015). Aunque todavía está poco empleado en el ámbito hispanoparlante, *Concept Cartoons* utiliza una serie de viñetas, a modo de cómic, recreando una situación relacionada con la ciencia pero verosímil para los niños y niñas (incluso puede haberles ocurrido). Los personajes, en formato infantil o juvenil, expresan varias opiniones con un lenguaje similar al que usan en estas edades (Naylor y Keogh, 2000).

La viñeta se discute en pequeños grupos, haciendo activar los conocimientos previos, emergiendo la pluralidad desde diferentes puntos de vista, ya que son varios los expuestos por los personajes, por lo que servirá para que el alumnado (ya sea universitario o escolar) exprese sus conocimientos, opiniones y convicciones para tratar de llegar, entre todos, a un punto común tras expresar y recapacitar sobre sus propios argumentos. Puede usarse como inicio, desarrollo, refuerzo o evaluación del aprendizaje, e implica a docentes y a alumnado en un enfoque único (Naylor, Keogh y Downing, 2007). La utilización de este recurso en la clase de Didáctica de las Ciencias la podemos asociar a distintos momentos. Uno de ellos es en el diseño de secuencias de trabajo científico destinadas a escolares, donde enseñamos la contextualización del problema y la motivación futura para niños y niñas.

Es fácil comprender que la escuela debe ser un espacio abierto, donde los recursos y materiales son accesibles. La didáctica de las ciencias del futuro debe enseñar a los niños y niñas que los materiales no tienen por qué estar muy elaborados, ni ser muy costosos (Figura 11 A). Con escolares pequeños, tanto Brown (2002) como De Bie (2009) apelan a materiales de la vida cotidiana: un

30 Recuperado de http://conceptcartoons.com/research.html.

cartón de leche, la hoja de un árbol o una pompa de jabón son excelentes para aprender ciencias. Y, ¿qué tenemos más común que los alimentos? Igualmente esta puede ser una excelente excusa para enseñar a aprender ciencias. No sólo la dieta y la nutrición, sino la producción de alimentos, el transporte, la conservación, el control de calidad, etc., están indisolublemente ligados a la ciencia (Oñorbe, 2010). Algunos ejemplos de aplicación los podemos encontrar en este mismo libro, en el capítulo de Antonio Mateos. También la revista Alambique presenta un monográfico dedicado a este tipo de experiencias, con artículos relativos a la física en la cocina (Guisasola y Zuza, 2010) que recoge cómo se han incluido los avances científicos (los físicos particularmente) en la cocina doméstica, o la aportación de Carmen Enrique (2010) sobre aprender química preparando un bizcocho.

También el futuro maestro o maestra debe ser competente en el aprovechamiento de otros recursos más complejos o elaborados, como un huerto escolar. Este, como otros recursos de naturaleza ambiental, juega con la ventaja de trabajar en un espacio abierto, pudiendo convertirse en un nuevo aula donde desarrollar gran parte del *curriculum*, incluso integrado con otras áreas diferentes a la ciencia, y facilitar numerosas ventajas, entre ellas las de servir de ayuda al alumnado con menos interés, disruptivos o con menor rendimiento académico (Ruiz-Gallardo, Verde y Valdés, 2013).

La actividad científica a menudo se identifica con el laboratorio. Sin embargo, su función dentro de la formación de los futuros y futuras docentes, va también asociada a esa dualidad ciencia o didáctica científica ya comentada. Existe consenso en su importancia para la enseñanza aprendizaje (Hodson, 1994; Hofstein, 2004), siempre que sus actividades den oportunidad para pensar y desarrollar un mínimo espíritu científico. Pero, ¿qué laboratorio necesitamos?

FIGURA 11. Actividades realizadas por futuros y futuras docentes aplicables a escolares: A) Reacción química entre vinagre y bicarbonato (volcán), B) Haciendo actividades de laboratorio: preparación de muestras y visualización. Uso de microscopios y lupas binoculares. Autor: José-Reyes Ruiz-Gallardo

En las facultades de educación, el laboratorio debe responder a su objetivo principal. Ha de ser un laboratorio de didáctica con materiales útiles para la enseñanza aprendizaje de las ciencias en la escuela, y no, como ocurre en ocasiones, un laboratorio destinado a prácticas científicas (bioquímica, mineralogía, etc.), pensadas más para estudiantes de ciencias puras y no siempre aplicables a la Educación Infantil o Primaria, que es lo verdaderamente útil para los docentes en formación. No obstante, algunas de las actividades prácticas pueden trasladarse al aula convencional (Figura 11 A), usando materiales simples como los ejemplos propuestos en este mismo libro, en el capítulo de Beatriz García y Raquel Fernández.

Debemos trabajar para habilitar este tipo de laboratorios didácticos para facilitar que los futuros maestros y maestras puedan elaborar materiales y, llegado el caso, integren la propia dotación de este espacio a fin, incluso, de ser visitado por escolares. En él pueden realizarse numerosas actividades, acercándose a la realidad a través de materiales relacionados con el cuerpo humano, las plantas y los animales, la salud, el ambiente, los materiales naturales, los aspectos físico-químicos, etc. Igualmente, el alumnado se familiarizará con el material científico (Figura 11 B) conectando con el trabajo de investigación y el método científico. Asimismo, al fomentar el trabajo en el laboratorio universitario, podemos facilitar que los futuros y futuras docentes puedan recuperar y utilizar los laboratorios escolares que, o no siempre se hallan en los centros, o están en claro desuso (Vílchez y Escobar, 2014).

Las **Tecnologías de la Información y Comunicación** (TIC) son un recurso incuestionable para cualquier docente que enseñe ciencias. Es conocida la capacidad de estas herramientas para captar la atención de los niños y niñas e incrementar su motivación (Lepper y Cordova, 1992; Anastasiades *et al.*, 2010). Leen De Bie (2009), maestra e investigadora del Instituto Pedagógico de Gante (Bélgica), basa en ello su docencia para el alumnado más pequeño porque ofrece un fortalecimiento extra del aprendizaje, contribuyendo en los escolares: "[...] a su desarrollo, a mejorar su autoimagen, a trabajar de manera autónoma y a terminar con la mediocridad" (p. 6). Por ello deben ser un aliado importante en la formación inicial de maestros y maestras. El Departamento de Pedagogía de la UCLM así también lo ha entendido y en la propia Facultad de Educación de Toledo existe una asignatura optativa denominada **Las TIC aplicadas a la Educación** y la **Didáctica de las Ciencias Experimentales**[31] en el grado de Maestro de Primaria.

31 Recuperado de http://educacion.to.uclm.es/index.php/titulaciones/grado-de-educacion-infantil/grado-maestro-educacion-primaria/menciones-del-titulo-de-grado-primaria.

Las TIC han de servir, asimismo, para que los docentes en formación vean en ellas una fuente de autoaprendizaje y de otros aprendizajes complementarios en las asignaturas de Didáctica de las Ciencias, a través de blogs, foros, etc. (García Fernández, Mateos y Sánchez Vizcaíno, 2014), aunque también son útiles para propiciar ese espíritu de cambio e innovación que llevan asociadas. Permiten un amplio abanico de opciones, desde trabajar, por ejemplo, en el diseño de juegos interactivos (juegos de simulación ambientales, etc.) que faciliten la construcción de conocimientos y la toma de decisiones (véase el capítulo de Beatriz García y Raquel Fernández), hasta aproximarnos a contenidos científicos tradicionales mediante recursos menos usuales como vídeos seleccionados de internet y otras modalidades (Escudero y Dapia, 2014).

Igualmente, entre las opciones de innovación que posibilitan, se ha descrito recientemente el uso de la **videoconferencia interactiva** donde pueden desarrollarse proyectos científicos en común, mostrar el entorno natural o explicar ciertos hábitos a escolares de ambientes lejanos y diferentes, rompiendo fronteras y arquetipos, para potenciar un aprendizaje científico próximo a la realidad, más profundo y crítico, además de multicultural y libre de prejuicios (Sáez López y Ruiz-Gallardo, 2014).

En la docencia de la didáctica de las ciencias no puede pasarse por alto los recursos fuera del aula, tanto formales como informales. A ellos debemos acudir como una manera de aprovechar didácticamente el entorno. Sería necesario que nuestros alumnos y alumnas visitasen aquellos que estén dentro de las posibilidades del curso, con ssus profesores y profesoras de Didáctica de la Ciencias, para percibir directamente las cualidades y enorme potencial que ofrecen, también desde una perspectiva integradora y contextualizada de la ciencia. Así, el posterior capítulo de Beatriz García y Jesús Sánchez Vizcaíno, en este mismo libro, es un buen ejemplo de visitas a entornos naturales próximos que pueden ser de utilidad para enseñar ciencias o Educación Ambiental, en este caso también desde un enfoque globalizado y cercano al alumnado lo que, sin duda, incrementa el interés y la motivación.

Otros numerosos recursos no formales para trabajar en ciencias, bien descritos en la bibliografía, son los jardines botánicos (Sanders, 2007; Moreira, Nunes, Lopes, Reis y Trincão, 2013), museos de ciencias naturales (Bamberger y Tal, 2008), museos de las ciencias (Morentín y Guisasola, 2011; Segarra, Vilches y Gil, 2013), zoológicos (Davidson, Passmore y Anderson, 2010; Bonderup Dohn, 2013; Patrick, Mathews y Tunnicliffe, 2013) o acuarios (Bonderup Dohn, 2011; Meyer y Mott, 2014).

Finalmente, desde la didáctica de las ciencias debemos hacer un esfuerzo especial para que las actividades sean reales o, al menos, vincularlas a hechos reales. De ese modo los futuros maestros y maestras comprobarán que las ciencias están a su alrededor y les resultará más fácil hacérselo ver a sus alumnos y alumnas. Ello resulta ventajoso dada la natural curiosidad que los niños y niñas tienen por todo lo que les rodea (Brown, 2002; De Bie, 2009). Se trata éste, quizá, de uno de los escollos contra los que hay que luchar desde la didáctica de las ciencias ya que, como nos recuerdan investigaciones recientes (Zimmerman y Bell, 2014), los escolares (y puede que también el alumnado universitario de nuestras titulaciones) no son capaces de ver que cuestiones diarias, como las actividades deportivas o un juego de construcción, son también ciencias.

4. HACIA UN PERFIL RENOVADO DEL DOCENTE EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Este capítulo muestra los requisitos de una buena enseñanza de las ciencias y, en consecuencia, propone un posible camino a seguir en la formación de docentes en este campo. Debemos analizar cuál es la naturaleza última de los conocimientos y el aprendizaje que estamos favoreciendo entre los maestros en formación en ciencias (positivista, experimental, integrada, etc.), y si de verdad atiende o no a la realidad profesional que tendrán que vivir en breve. La sociedad cambia y por ende los contenidos, y los métodos y recursos didácticos destinados a la enseñanza aprendizaje de las ciencias no pueden permanecer inalterables. A esto hay que unir que recientes trabajos siguen demostrando insistentemente la relación entre una metodología activa y un mayor rendimiento académico en ciencias (Edson, 2013; Gil Flores, 2014).

Cierto es que precisamos, desde las facultades de educación, dibujar docentes con un perfil algo diferente. Las ciencias requieren investigación, cercanía y compromiso y sobre ese trípode podemos elaborar nuestra propuesta formativa. Investigación es una palabra clave en la formación. Es necesario un maestro o maestra investigadora de la realidad de su aula, investigadora en el *curriculum*, haciendo de ello una estrategia de formación (Uttech, 2006; Cañal, 2007). Las clases de Didáctica de las Ciencias han de trabajar este enfoque donde la indagación, la duda y la secuencia de trabajo científico se consoliden como una forma de ser y estar. Inculcar esto es apostar por un o una docente en constante avance, que asuma su formación como un continuo que empieza en la facultad, prosigue en el colegio y no termina nunca. Un futuro o futura docente que investiga es un maestro o maestra que sabrá hacer preguntas relevantes, estimulantes, que deberá saber motivar con la lectura, con la palabra y que, llegado el momento, promoverá la argumentación. Un maestro o maestra que

apuesta por la investigación en didáctica de las ciencias será un profesional que potencie lo positivo de sus escolares: la creatividad, la espontaneidad, la curiosidad, el espíritu crítico y no tanto la mera trasmisión de conocimientos. Hace ya años los textos de didáctica de las ciencias recalcaban que la ciencia reportaba no sólo productos o resultados, sino procesos, y ello implicaba importantes actitudes científicas (véase Fernández Uría, 1979 o Lillo y Redonet, 1985). Hoy hablamos de competencias trasversales, que el proyecto Tuning (González y Wagenaar, 2003) recalca y que forman parte de ese útil aprendizaje subyacente que hemos de buscar en los estudiantes mediante las actividades didáctico-científicas.

Las necesidades formativas que se vislumbran nos plantean un futuro o futura docente que ha de ser flexible, buscando lo mejor y más provechoso que haya a su alrededor para enseñar ciencias. Eso implica varios aspectos. En primer lugar, presentar la ciencia unida a lo real, a lo cotidiano, a la vida del escolar (los juegos, los enseres domésticos, la cocina, etc.) y sujeta a sus vivencias. Una ciencia contextualizada donde se vincule cada fenómeno o problema con la tecnología y la sociedad, en una necesaria orientación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) reclamada permanentemente (Solbes y Vilches, 2004). Pero también exige un o una profesional que sepa utilizar su entorno, el exterior, como fuente de enseñanza aprendizaje (Austin, 2009), ya sea empleando recursos formales, no formales e informales. Desde un laboratorio a una charca, desde un zoológico al patrimonio integrado (Bejarano, 2015).

Esta flexibilidad (e innovación) también hay que asociarla a la eliminación de prejuicios para enseñar ciencias. Como hemos indicado, cualquier situación puede ser buena como excusa para iniciar una clase de ciencias provechosa. Igualmente, hay que ser permeable a aquellas posibilidades valiosas que nos llegan desde otras áreas, como el aprendizaje de las ciencias a través de la literatura (Vardell y Wong, 2014), el teatro (Dopico, García Vázquez, Alonso y Vázquez, 2015) o la música. Trabajos como el de Smolinski (2011), que enseña la célula usando canciones y obteniendo resultados interesantes, sería un buen ejemplo de ello.

El tercer requisito, el compromiso, debe venir, sin duda, del mundo actual que le aguarda al futuro o futura docente y al alumnado que tendrá. Un mundo donde la justicia social ha de ser un elemento de guía y referencia (Zeichner, 2010) también en el campo de la enseñanza aprendizaje de las ciencias. Aspectos como los recogidos en los Objetivos del Milenio (ONU, 2013) servirán para que nuestros esfuerzos en didáctica de las ciencias vayan también destinados a trabajar la salud de los desfavorecidos, la equidad (Mateos, Bejarano y Mo-

reno, 2014), la diversidad, las identidades sexuales, la pobreza, la paz y ese factor determinante como es la protección ambiental y la sostenibilidad, cada vez más tratado dentro de la orientación CTS y que suscita un creciente consenso para establecerlo como prioridad formativa (Mayor Zaragoza, 2009; Vilches, Marques, Gil Pérez y Praia, 2012).

5. REFERENCIAS

ANASTASIADES, P. S.; FILIPPOUSIS, G.; KARVUNIS, L.; SIAKAS, S.; TOMAZINAKIS, A., GIZA, P. y MASTORAKI, H. (2010). "Interactive Videoconferencing for collaborative learning at a distance in the school of 21st century: A case study in elementary schools in Greece". *Computers and Education*, 54, pp. 321-339.

ATRIO, S. (2012). "Propuesta metodológica y de contenidos para la enseñanza de las ciencias experimentales en las primeras etapas de la educación". *Didácticas Específicas*, 6, pp. 72-113.

ATWOOD, R. K. y ATWOOD, V. A. (1996). "Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of the seasons". *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), pp. 553-563.

AUSTIN, R. (2009). *Deja que el mundo exterior entre en el aula*. Madrid: Morata.

BAENA, M. D.; GONZÁLEZ, M.; RIERA, C.; MARTEL, M. C.; LÓPEZ, P. y PACHECO, M. A. (2004). "El ECTS y una universidad que aprende". *Actas del XI Congreso de Formación del Profesorado*. Versión electrónica en CDR.

BAMBERGER, Y. y TAL, R. (2008). "Multiple outcomes of class visits to natural history museums: The students' view". *Journal of Science Education and Technology*, 17(3), pp. 274-284.

BEJARANO, M. (2015): "El patrimonio integral como espacio para la enseñanza aprendizaje universitario". Mendieta, A. (Coord.), *Visiones docentes en las aulas de hoy*. Madrid: Visión Libros.

BIGGS, J. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.

BOE (2013). *Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa*. Boletín Oficial del Estado, 295, 97858-97921.

BOE (2014). *Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria*. Boletín Oficial del Estado, 52, 19349-19420.

BOESDORFER, S.; LORSBACH, A. y MOREY, M. (2011). "Using a vicarious learning event to create a conceptual change in preservice teachers' understandings of the seasons". *Electronic Journal of Science Education*, 15(1). Recuperado de http://ejse.southwestern.edu/article/view/7381/6137

BOLÍVAR, A (2012). "Un nuevo sistema de acceso a la docencia. La propuesta de MIR docente". *Aula de innovación educativa*, 216, pp. 54-59.

BONDERUP DOHN, N. (2011). "Situational interest of high school students who visit an aquarium". *Science Education*, 95(2), pp. 337-357.

BONDERUP DOHN, N. (2013). "Upper Secondary Students' Situational Interest: a case study of the role of a zoo visit in a biology class". *International Journal of Science Education*, 35(16), pp. 2732-2751.

BROMME, R. y GOLDMAN, S. R. (2014). "The Public's Bounded Understanding of Science". *Educational Psychologist*, 49(2), pp. 59-69. doi: 10.1080/00461520.2014.921572

BROWN, S. E. (2002). *Experimentos de ciencias en educación infantil*. Madrid: Narcea.

BULUNUZ, N. y JARRETT, O. S. (2009). "Understanding of Earth and Space Science Concepts: Strategies for Concept Building in Elementary Teacher Preparation". *School Science and Mathematics*, 109(5), pp. 276-289.

ÇALIK, M. y AYAS, A. (2005). "A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts". *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), pp. 638-667.

CAÑAL, P. (2007). "La investigación escolar, hoy". *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 52, pp. 9-19.

COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España) (2011). *Informe ENCIENDE*. Recuperado de http://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf

CUSE (Committee on Undergraduate Science Education) (1997). *Science Teaching Reconsidered*. Washington D. C.: National Academy Press.

DAVIDSON, S. K.; PASSMORE, C. y ANDERSON, D. (2010). "Learning on zoo field trips: the interaction of the agendas and practices of students, teachers, and zoo educators". *Science Education*, 94(1), pp. 122-141.

DAVIES, D. (2011). *Teaching science creatively*. Oxon (UK): Routledge.

DE BIE, L. (2009). *Een blik op techniek (Una mirada a la tecnología)*. Gent (Belgium): Abimo Uitgeverij.

DOCM (2007). *Decreto 68/2007, de 29 de mayo de 2007*, por el que se establece y ordena el currículo de la Educación Primaria en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha. Diario Oficial de Castilla-La Mancha, 116, 14759-14816.

DOPICO, E.; GARCÍA VÁZQUEZ, E.; ALONSO, C. y VÁZQUEZ, E. (2015). "Didáctica de las ciencias a través del teatro". *Revista Iberoamericana de Educación*, 69, (3), pp. 117-132.

EDSON, M. T. (2013). *Starting with science*. Portland: Stenhouse Publishers.

ENRIQUE, C. (2010). "Aprender ciencia con un bizcocho". *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17(65), pp. 45-51.

ESCUDERO, R. y DAPÍA, M. D. (2014). "Ciencia más allá del aula". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), pp. 245-253.

FERNÁNDEZ URÍA, E. (1979). *Estructura y didáctica de las ciencias*. Madrid: Ministerio de Educación.

GALERA TÉBAR, M. y RUIZ-GALLARDO, J. R. (2015). "Influencia de Concept Cartoons en la motivación y resultados académicos de los estudiantes". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), pp. 419-440.

GARCÍA FERNÁNDEZ, B.; MATEOS, A. y SÁNCHEZ VIZCAÍNO, J. (2014). "Los foros en Moodle: posibilidades para las asignaturas de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Primeras aproximaciones". *XXII Jornadas Universitarias de Tecnología Educativa JUTE*. Toledo.

GIL FLORES, J. (2014). "Metodologías didácticas empleadas en las clases de ciencias y su contribución a la explicación del rendimiento". *Revista de Educación, 366, 190-214*. doi 10.4438/1988-592X-RE-2014-366-271.

GIL PÉREZ, D. (1983). "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), pp. 26-33.

GIL PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J. y MARTÍNEZ-TERRADES, F. (2000). "La Didáctica de las Ciencias: una disciplina emergente y un campo específico de investigación". Perales, J. y Cañal, P. (Eds.), *Didáctica de las Ciencias: teoría y práctica de la enseñanza de las Ciencias* (pp. 11-34). Alcoy: Marfil.

GONZÁLEZ FERREIRAS, J. y WAGENAAR, R. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe. Informe final. Fase I*. Bilbao: Universidad de Deusto.

GONZÁLEZ GARCÍA, F. (2015). *Didáctica de las Ciencias para la Educación Primaria. II. Ciencias de la Vida*. Madrid: Pirámide.

GUISASOLA, J. y ZUZA, K. (2010). "La física en la cocina". *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17(65), pp. 9-16.

HARLEN, W. (1985). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: MEC y Morata.

HODSON, D. (1994). "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio". *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299-313.

HOFSTEIN, A. (2004). "The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research". *Chemistry Education: research and practice*, 4(3), pp. 247-264.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. y SANMARTÍ, N. (1995). "The development of a new science curriculum for secondary school in Spain: opportunities for change". *International Journal of Science Education*, 17, pp. 425-439.

KIKAS, E. (2004). "Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena". *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), pp. 432-448.

KOESTLER, A. (1964). *The act of creation*. London: Hutchinson.

LEDERMAN, N. G. y ABD-EL-KHALICK, F. (1998). "Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science". McComas, W. (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 83-126). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

LEPPER, M. y CORDOVA, D. (1992). "A desire to be taught: instructional consequences of intrinsic motivation". *Motivation and Emotion*, 16(3), pp. 187-208.

LI, Z. y JOHNSTON, A. (2015). "Promoting creativity in Chinese classrooms". Wegerif, R.; Li, L. y Kaufman, J. C. (Eds.) *The Routledge International Handbook of Research on Teaching Thinking* (pp. 168-180). Oxon (UK): Routledge.

LILLO, J. y REDONET, L. F. (1985). *Didáctica de las Ciencias Naturales*. Valencia: ECIR.

MACCOMAS, W. F. (1998). "The principal elements of the Natures of Science: Dispelling the miths". McComas, W. F. (Ed.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies* (pp. 53-70). The Netherlands: Kluwer Academic.

MATEOS, A. (1992). "Aprender ciencia leyendo". *Cuadernos de Pedagogía*, 207, pp. 32-33.

MATEOS, A.; BEJARANO, M. y MORENO, D. (2014). "Los cuentos y los juegos de simulación para trabajar la justicia social en el ámbito de las ciencias en las primeras edades". *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social* (RIEJS), 3(1), pp. 97-119.

MAYOR ZARAGOZA, F. (2009). "La problemática de la sostenibilidad en un mundo globalizado". *Revista de Educación*, 1, pp. 25-52.

MCDERMOTT, L. C. (1990). "A perspective on teacher preparation in physics and other sciences: the need for special science courses for teachers". *American Journal of Physics*, 58(8), pp. 734-742.

MCKEACHIE, W. J. (1994). *Teaching Tips: Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers*, 9th ed. Lexington, Massachusetts: D. C. Heath and Company.

MECD (2012). *Resultados de España en PISA 2012. Gabinete de prensa del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte*. Madrid. Recuperado de http://www.mecd.gob.es/prensa-mecd/dms/mecd/prensa-mecd/actualidad/2013/12/20131203-pisa/pisa-2012.pdf

MEYER, D. y MOTT, B. (2014). "Opportunities for Communicating Ocean Acidification to Visitors at Informal Science Education Institutions". Dalboten, D.; Goehring, G. y Hamilton, P. (Coord.) *Future Earth: Advancing Civic Understanding of the Anthropocene* (pp. 99-102). New Jersey: John Wiley and Sons.

MOREIRA, A.; NUNES, H.; LOPES, R.; REIS, C. S. y TRINCÃO, P. (2013). "Jardins Botânicos: espaços para aprender, espaços para brincar". *Revista de la Asociación Ibero-Macaronésica de Jardines Botánicos*, pp. 45-46.

MORENTÍN, M. y GUISASOLA, J. (2011). "Training elementary school teachers for the use of science museum field trips in early education. The ESERA Book Series". *Science Education Research Series*, 12, pp. 132-138.

NAYLOR, S. y KEOGH, B. (2000). *Concept cartoons in science education*. Sandbach, UK: Millgate House Publishers.

NAYLOR, S. y KEOGH, B. (2013). "Concept Cartoons: what have we learnt?". *Journal of Turkish Science Education*, 10(1), pp. 3-11.

NAYLOR, S.; KEOGH, B. y DOWNING, B. (2007). "Argumentation and primary science". *Research in Science Education*, 37(1), pp. 17-39.

OLIVER, A. (Ed.) (2006). *Creative teaching: science in the early years and primary classroom*. London: David Fulton.

OLIVERAS, B.; MÀRQUEZ BARGALLÓ, C. y SANMARTÍ, N. (2012). *Aprender a leer críticamente. La polémica por los bañadores de Speedo*. Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, 70, pp. 37-45.

ONU, Organización de las Naciones Unidas (2013). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Informe. Nueva York: Naciones Unidas.

OÑORBE, A. (2010). "Ciencia y cocina". *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 65, pp. 5-8.

OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985). *El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de la ciencia en los alumnos*. Madrid: Narcea (Edición española de 1991).

OSBORNE, J.; SIMON, S.; CHRISTODOULOU, A.; HOWELL, X.; RICHARDSON, C. y RICHARDSON, K. (2013). "Learning to argue: a study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students". *Journal of Research in Science Teaching*, 50(3), pp. 315-347.

PATRICK, P.; MATHEWS, C. y TUNNICLIFFE, S. D. (2013). "Using a field trip inventory to determine if listening to elementary school students' conversations, while on a zoo field trip, enhances preservice teachers' abilities to plan zoo field trips". *International Journal of Science Education*, 35(15), pp. 2645-2669.

PUJOL, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la Educación Primaria*. Madrid: Síntesis.

REYERO, D. (2014). "La excelencia docente universitaria. Análisis y propuestas para una mejor evaluación del profesorado universitario". *Educación XX1*, 17 (2), pp. 125-143. doi: 10.5944/educxx1.17.2.11482

RUIZ-GALLARDO, J. R.; VERDE, A. y VALDÉS, A. (2013). "Garden-Based learning: an experience with "at risk" Secondary Education students".

The Journal of Environmental Education, 44(4), pp. 252-270. doi: 10.1080/00958964.2013.786669

SÁEZ LOPEZ, J. M. y RUIZ-GALLARDO, J. R. (2013). "Enseñanza de las ciencias, tecnología educativa y escuela rural: un estudio de casos". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), pp. 45-61.

SÁEZ LÓPEZ, J. M. y RUIZ-GALLARDO, J. R. (2014). "La enseñanza de las ciencias naturales y sociales a través de la videoconferencia interactiva. Estudio de caso en Educación Primaria". *Pixel Bit*, 44, pp. 35-49. doi: http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2014.i44.03

SANDERS, D. L. (2007). "Making public the private life of plants: the contribution of informal learning environments". *International Journal of Science Education*, 29(10), pp. 1209-1228.

SANMARTÍ, N. (2007). "Hablar, leer y escribir para aprender ciencia". Fernández, P. (Coord.), *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo*. Colección Aulas de Verano. Madrid: MEC.

SEGARRA, A.; VILCHES, A. y GIL, D. (2013). "Los museos de ciencias como instrumentos de alfabetización científica". *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, pp. 85-102.

SIMON, S. y MALONEY, J. (2007). "Activities for promoting small-group discussion and argumentation". *School Science Review*, 88, pp. 49-58.

SMOLINSKI, K. (2011). "Learning Science Using Music". *Science Scope*, 35(2), pp. 42-45.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004). "Papel de las Interacciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana". *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (3), pp. 337-347.

STORM, E. y DE BIE, L. (2015). *New eyes for Europe. How can we work with S.T.E.M. at School?* Gent. Belgium: Pedagogical center of Ghent.

TOPPING, K. J.; PETER, C.; STEPHEN, P. y WHALE, M. (2004). "Cross-age peer tutoring of science in the primary school: Influence on scientific language and thinking". *Educational Psychology*, 24(1), pp. 57-75.

ÜLTAY, N. (2015). "The effect of concept cartoons embedded within context-based chemistry: chemical bonding". *Journal of Baltic Science Education*, 14(1), pp. 96-108.

UTTECH, M. (2006). "¿Qué es la investigación-acción y qué es un maestro investigador?". *XXI, Revista de Educación*, 8, pp. 139-150.

VARDELL, S.M. y WONG, J. (2014). "Observe, explain, connect". *Science & Children*, 51(8), pp. 31-35.

VIENNOT, L. (1997). "Former en didactique, former sur le contenu? Principes d'élaboration et éléments d'évaluation d'une formation en didactique de la physique en deuxième année d'IUFM". *Didaskalia*, 10, pp. 75-96.

VILCHES, A.; MARQUES, L.; GIL PÉREZ, D. y PRAIA, J. (2012). "The Need for Contributions to the Decade of Education for a Sustainable Future: an Ethical Commitment". Gonçalves, F., Pereira, R., Filho, W. L. and Azeteiro, U. M. (Eds.), *Contributions to the UN Decade of Education for Sustainable Development* (pp. 11-32). Frankfurt am Main: Peter Lang GmbH.

VÍLCHEZ, J. E.; CEBALLOS, M. y ESCOBAR, T. (2014). "Percepción de futuros maestros en sus prácticas docentes sobre estrategias metodológicas para la enseñanza de las ciencias en Primaria". De las Heras, M. A., Lorca, A. A., Vázquea, B., Wamba, A. M. y Jiménez, R. (Coord.), *26 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva, España. Recuperado de http://www.uhu.es/26edce/actas/docs/comunicaciones/posteres/pdf/111.3-VilchezLopez-3-P.pdf

VÍLCHEZ, J. E. y ESCOBAR, T. (2014). "Uso de laboratorio, huerto escolar y visitas a centros de naturaleza en primaria: percepción de los futuros maestros durante sus prácticas docentes". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), pp. 222-241.

ZEICHNER, K. (2010). *La formación del profesorado y la lucha por la justicia social*. Madrid: Morata.

ZIMMERMAN, H. T. y BELL, P. (2014). "Where young people see science: everyday activities connected to science". *International Journal of Science Education*, Part B, 4(1), pp. 25-53.