

Reflexiones en torno a la investigación sobre la formación de profesores desde la perspectiva del cambio didáctico

Carlos Javier Mosquera Suárez

Introducción

En lo que respecta a la investigación sobre formación de profesores, uno de los factores que más ha contribuido desde la Didáctica de las Ciencias, ha sido plantearse y reflexionar argumentadamente sobre todo aquello que hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias (Gil, 1991). De hecho, se puede afirmar que en la actualidad los profesores de ciencias interesados en este ámbito particular, hemos logrado consensos más o menos generales en el sentido de considerar con toda atención la problemática asociada con la formación inicial y permanente de los profesores de ciencias. En la formación del profesorado de ciencias, han venido teniéndose en cuenta estudios rigurosos para reconocer e intervenir sobre concepciones, actitudes, representaciones, valores y esquemas de acción del profesorado que, en general, podríamos afirmar corresponden a una «epistemología docente» y que justamente han sentado las bases para comprender las actuaciones propias de la práctica docente del profesorado.

Siendo consecuentes con diversas investigaciones que han demostrado que los profesores –al igual que los estudiantes– tenemos ideas previas, consideramos aquí una equivalencia entre el aprendizaje de las ciencias de los estudiantes y el aprendizaje de la Didáctica de las Ciencias en los profesores de Ciencias. De hecho, así como el aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes se considera desde modelos didácticos contemporáneos como un cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico, de igual forma consideramos en este caso el aprendizaje de la Didáctica de las Ciencias por parte de profesores como un cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico aplicado a la enseñanza, es decir, entendido en general como un cambio didáctico (Furió, 1994).

Análisis crítico y tendencias actuales en la formación de profesores

En el campo de las Didácticas específicas, hay una línea prioritaria que se viene desarrollando ampliamente y tiene que ver con la formación inicial y continuada de los profesores de ciencias. Desde esta perspectiva el profesor es considerado como un profesional de la educación, y para el caso particular del profesorado de ciencias, un especialista en el dominio de un cuerpo de conocimientos didácticos sobre la educación científica. Ya desde el Handbook editado por Gabel (1994) es posible encontrar un capítulo titulado *Research on Science Teaching Education*, en el cual se hacen referencias a investigaciones sobre la formación del profesorado de ciencias; igualmente, en el editado por Fraser y Tobin (1998) se encuentra un amplio apartado –*Teacher Education*– dedicado por completo a mostrar avances en las investigaciones sobre la formación inicial y continuada de los profesores de ciencias. En la obra editada por Perales y Cañal (2000), Porlán, Rivero y Martín abordan aspectos importantes en la actualidad, relacionados con investigaciones en formación de profesores; asimismo, en las memorias del segundo congreso de la ESERA (Behrendt et ál., 2001) hay un capítulo especial dedicado a temas sobre «Teacher conceptions». Igual sucede en el Handbook editado por Abell y Lederman (2007).

La consolidación de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo de conocimiento, nos ha permitido paulatinamente evidenciar cómo hoy en día se encuentran en desarrollo nuevos modelos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, los cuales emergen como alternativas a los modelos convencionales y que procuran una enseñanza que apunta a cambios conceptuales simultáneos con cambios de naturaleza metodológica y actitudinal mediados por la actividad constructiva consciente de los sujetos que aprenden. Como lo sugieren Linn (1987), Duschl y Gitomer (1991), Jiménez y Sanmartí (1997), Porlán (1998) y Gil et ál. (1991), todo ello sugiere la necesidad de desarrollar y evaluar nuevos métodos de formación del profesorado de ciencias.

Desde entonces encontramos autores como Furió y Gil (1989), quienes hacen referencia al estudio de las concepciones científicas y didácticas del profesorado y su papel en la formación inicial y permanente. También Porlán (1998) insiste en la necesidad de diseñar y vivenciar propuestas de formación del profesorado apoyándose en los avances en nuevos modelos didácticos, de forma tal que desde

la experiencia docente se experimenten hipótesis curriculares que puedan superar los problemas que plantea el modelo tradicional de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Munby y Russell (1998) destacan la importancia de la investigación en formación del profesorado de ciencias, entendida esta como la construcción de un conjunto de conocimientos base para enseñar; de igual forma, Porlán y Rivero (1998) hacen referencia a la formación del profesorado de ciencias basado en el conocimiento profesional del profesor; en términos similares se refiere Izquierdo (1999) acerca del conocimiento profesional del profesor de ciencias, y autores como Kyle et ál. (1991) y Mellado y González (2000), refuerzan la idea de la formación del profesor basados en la metáfora del *profesor como investigador*.

Investigaciones sobre el desarrollo profesional del profesor de ciencias

Producto de la investigación educativa en relación con la problemática sobre la formación de profesores de ciencias, se han logrado avances que dan cuenta de la complejidad epistémica y didáctica de las prácticas de los docentes, lo cual ha permitido establecer una serie de características que trascienden la enseñanza y superan el concepto artesanal y vocacional de la actividad del profesor.

Las primeras investigaciones y experiencias curriculares en Didáctica de las Ciencias respondían a la solución de problemas puntuales, desarticulados y muchas veces ateóricos (Klopfer, 1983), o simplemente se asumían como una aplicación práctica de las denominadas Ciencias de la Educación (Pérez Gómez, 1978). Implícitamente lo que aquí se consideraba, era que la didáctica correspondía a un asunto instrumental de la pedagogía, sin embargo esta concepción no pudo solucionar problemas relacionados con la persistencia de errores conceptuales de los estudiantes y con el mantenimiento de ideas de sentido común en relación con teorías científicas y con la naturaleza de la ciencia (Gil et ál., 1999).

Por otra parte, serían también las investigaciones en psicología educativa las que trazaban propuestas para la solución de problemas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, llevando a olvidar los propios conocimientos que se enseñan para la solución de dichos problemas; Shulman (1992) criticó irónicamente esta falta de atención como el «paradigma perdido». Sin embargo los intentos de aplicar teorías psicológicas a la problemática asociada con la educación científica tampoco dieron los resultados esperados, pues como se

reconocería años más tarde, no era posible hablar de problemas de aprendizaje «generales» para ser solucionados con estrategias generales. Fueron los propios resultados de la investigación en psicología educativa los que rechazarían la idea de la equipotencialidad de los aprendizajes, según la cual diferentes individuos podrían aprender cualquier clase de conocimiento siguiendo las mismas leyes (Pozo, 1989).

Factores de carácter social, político, económico y educativo, entre otros, han ido consolidando el desarrollo de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo específico de conocimientos. Hasta más o menos los finales de la década de los 70 del siglo XX, cuando se fortalece la discusión crítica en relación con el modelo educativo en ciencias dominante hasta ese momento, correspondiente al movimiento del aprendizaje por descubrimiento, comenzaría a emerger un cuerpo disciplinar que hoy en día consideramos como la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Desde entonces podemos determinar un periodo que, como Furió (2001) menciona, corresponde a la «época prodigiosa», cuando la Didáctica de las Ciencias se empieza a caracterizar como un cuerpo preparadigmático, en la cual adquiere un protagonismo importante el denominado movimiento de las concepciones alternativas.

Breve historia del desarrollo teórico sobre la formación de profesores de Ciencias

Desde la década de los 90 del siglo xx, con la edición del primer Handbook específico en investigación en Didáctica de las Ciencias –concretamente publicado en 1994– comienza un importante periodo de consenso en la comunidad científica respecto a la consideración de la Didáctica de las Ciencias como disciplina científica. Recientemente, con la participación de expertos en la formación de profesores de ciencias y en investigación en enseñanza de las ciencias, se vienen desarrollando proyectos que procuran incluir componentes de carácter epistemológico, conceptual y metodológico que mínimamente deben aprender los estudiantes en educación en ciencias en todos los niveles, así como aquellos saberes y prácticas que debemos conocer y perfeccionar los profesores de ciencias en el ejercicio de nuestra actividad profesional. El desarrollo de la línea de investigación en formación de profesores ha conducido a considerar las necesidades formativas de los profesores de ciencias y fundamentalmente las necesidades asociadas con los cuerpos teóricos que deberían dar cuenta de

nuevos modos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, de cara a favorecer una educación científica más preocupada por lograr auténticos propósitos de alfabetización científica y menos de intencionalidades propedéuticas (Duschl y Gitomer, 1991; Fraser, 1998; Furió et ál., 2000).

Estas necesidades conceptuales han requerido la aceptación del conocimiento disciplinar específico que sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias deben desarrollar los profesores a fin de lograr y dar cuenta de las expectativas previstas por los lineamientos curriculares. En esa medida, en la actualidad, para los profesores de ciencias resulta imprescindible reconocer el cuerpo teórico de la Didáctica de las Ciencias, reconocimiento que no puede limitarse a la simple ilustración a los colectivos de profesores de ciencias. Así las cosas, hoy es una preocupación evidente lograr que los profesores tomen conciencia de que hay que «aprender a enseñar», lo cual implica asumir las prácticas educativas de manera fundamentada en conocimientos que para los efectos se vienen elaborando en las Didácticas específicas; de otra parte, para que realmente incidan en sus prácticas, dichos conocimientos han de ser contruidos significativamente por ellos mismos, replicando experiencias innovadoras e incorporando en su estructura cognitiva la naturaleza teórica que sostiene los principios de una educación científica de sentido común y los de una educación científica coherente con la investigación didáctica actual, la cual, en principio, propone favorecer aprendizajes más duraderos y contextualizados en los estudiantes, así como compromisos claros respecto a la diversidad cultural, la sostenibilidad y la construcción de ciudadanías responsables, todo ello desde una educación científica incluyente, pertinente y promotora de cultura científica que en vez de ampliar brechas sociales, las reduzca. Suponemos que ha de ser la contrastación personal y consciente por parte de los profesores de ciencias sobre estas grandes vertientes educativas, las que habrán de fortalecer desarrollos y reestructuraciones profundas hasta alcanzar los cambios didácticos esperados.

Pero bien vale la pena reflexionar, así sea someramente, sobre el recorrido histórico que ha tenido la línea de investigación en formación de profesores, al tiempo que se ha desarrollado el campo de conocimientos de la Didáctica de las ciencias. Como primera aproximación, encontramos que las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias comienzan realmente a desarrollarse cuando se incluyeron contenidos de educación científica en los currículos obligatorios de las escuelas públicas del siglo xix. A principios del siglo xx empiezan a aparecer,

de manera mucho más explícita, problemas asociados con el aprendizaje de las ciencias, y comienzan a ponerse en cuestión ideas de sentido común relacionadas con planteamientos respecto a la enseñanza, pues la noción empleada entonces correspondía a la instrucción que informaba directamente en el aula acerca de los contenidos conceptuales de la ciencia (Dewey, 1945). Dewey publicaría un artículo con esta crítica en la revista *Science Education*, creada hacia el año de 1916. Otros problemas evidentes en el campo de la educación científica tendrían que ver con la aparición y reporte de las primeras investigaciones que se presentaron en la misma revista.

Jenkins (2001) muestra cómo en el mundo anglosajón la primera noción de investigación en Didáctica de las Ciencias es bastante antigua, argumentando que desde 1926 Curtis ya mostraba cómo la investigación en educación científica era una estructura sistemática que definía y estudiaba problemas relacionados con el aprendizaje y la instrucción en ciencias. En la primera mitad del siglo XX se reportaron los primeros intentos por dar solución a problemas generales relacionados con el fracaso escolar de los estudiantes; se trataba no solo de problemas asociados con la educación científica, sino también de problemas que intentaban ser abordados por orientaciones psicológicas relacionadas con el aprendizaje. Surge así el movimiento de la psicología educativa, cuerpo teórico derivado del campo disciplinar fundamental de la psicología y que intentaría explicar básicamente cómo se produce el aprendizaje en el aula (Coll, 1988). Junto con estas investigaciones, aparece el gran movimiento de la Tecnología Educativa, desde el cual se previeron explícitamente modos sistemáticos para orientar actividades de enseñanza por objetivos. Recordemos que según los principios de la Tecnología Educativa, las actividades de enseñanza se desarrollan de manera estructurada de acuerdo con las especificaciones técnicas previstas con anticipación, a fin de generar situaciones de interés para ser resueltas en problemas posteriores a través de la educación científica.

Producto de estos intentos de consolidación teórica de la Educación Científica, se genera en la década de 1950-1960 una crisis disciplinar cuando se inicia una reflexión sobre los objetivos, contenidos y métodos habituales empleados en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias por parte de la comunidad de profesores de ciencias. Las primeras preguntas que aparecen al respecto, apuntaron al qué enseñar, si preferiblemente debería darse énfasis a los contenidos de orden conceptual o debería hacerse más énfasis en los procesos.

Diferentes eventos de orden científico, político y económico hacia las décadas de los 50 y 60 del siglo xx, influyeron para que en muchos países se revisaran las expectativas asignadas a la Educación Científica; también contribuyó a este desarrollo la necesidad creciente de conseguir cada vez más mano de obra cualificada científicamente en un mundo donde la ciencia y la tecnología empezaban a aparecer como necesarias y fundamentales para el desarrollo y la pretensión de calidad de vida de las sociedades. Como consecuencia, comenzarían a presentarse una importante cantidad de eventos académicos especializados donde psicólogos, pedagogos y profesores de diferentes disciplinas hicieron reflexiones críticas sobre los contenidos, metodologías y currículos de ciencias desarrollados hasta entonces. Empezó también a estudiarse todo lo que tendría que ver con las actitudes y las aptitudes científicas necesarias para que un estudiante pudiera, desde la escuela básica, empezar a pensar y a actuar como científico.

De hecho, Schwab (1970) recomendaba que los profesores debieran ir primero a los laboratorios y hacer que sus alumnos realizaran experimentos antes de iniciar la explicación formal de las teorías. Aquí se deja ver una postura filosófica de corte inductivista que más adelante intentaría considerarse como obstáculo para el desarrollo de nuevas orientaciones didácticas basadas en estudios filosóficos diferentes. De hecho, psicólogos reconocidos como Kelly (1955), explicaron el carácter natural a manera de metáfora de la persona que actúa como científico o como pequeño científico. Este autor presenta su trabajo en lo que él mismo denominaría su Teoría de los Constructos Personales.

Como consecuencia de las discusiones sobre la decisión de enseñar preferentemente contenidos o métodos, y sobre los alcances y las problemáticas asociadas con estructuras propias de la tecnología educativa, se fortalece, primeramente el modelo de enseñanza de las ciencias por transmisión de conocimientos ya elaborados, de manera que el papel de los estudiantes se redujo nuevamente a la asimilación y repetición de los contenidos prioritariamente conceptuales suministrados por el profesor y por los libros de texto. Este modelo supuso un abandono de las habilidades científicas, es decir, del desarrollo de actividades prácticas de laboratorio, y concedió mucha más relevancia al tratamiento de los contenidos teóricos de la ciencia. Sin embargo, los resultados en el aprendizaje de las ciencias no fueron los más favorables, ya que como Ausubel (1968) afirmaría, «con la reconsideración del modelo de enseñanza de las ciencias por transmisión de conocimientos elaborados, no se lograban resultados prometedores en cuanto al aprendizaje de contenidos y menos aun, de habilidades científicas».

Todo ello condujo a que desde mediados de la década de los años 60, se fortaleciera el denominado movimiento del aprendizaje por descubrimiento, cuyo principal éxito consistió no solamente en que se planteaba una reflexión crítica sobre la enseñanza tradicional de las ciencias, sino que en aproximadamente los veinte años que predominó, produjo una acumulación de innovaciones curriculares sin precedentes (Gil, 1997). Producto del movimiento de aprendizaje por descubrimiento, aparecen importantes proyectos curriculares como el Chemistry Studies, el Physics Studies, el Physics Science Study Committee (PSSC) y los proyectos de la Nuffield Foundation, tanto en biología como en química, física y matemáticas (Hodson, 1985; Martínez-Terrades, 1998). Estas innovaciones que fueron conocidas en varios países, entre ellos Colombia, constituyeron los fundamentos de la estructura metodológica básica para el trabajo de los profesores de ciencias.

El principio básico del modelo de aprendizaje de las ciencias por descubrimiento es la familiarización de los estudiantes con las actividades del trabajo científico como medio para aprender el conocimiento científico. Desde allí se sostenía la importancia del trabajo individual y autónomo de los estudiantes, bajo el supuesto que quienes siguieran al pie de la letra manuales preestablecidos por el profesor o presentados en los libros de texto, podrían llegar a aprender ciencias, es decir, a alcanzar conclusiones similares a las que llegaron en su momento aquellos científicos. El aprendizaje se considera entonces, desde esta perspectiva, como una construcción propia e individual del sujeto, que obedece a necesidades internas vinculadas al desarrollo evolutivo (Martínez-Terrades 1998). De hecho, primaban los procesos de aprendizaje de métodos científicos más que los contenidos, pues estos se consideraban una consecuencia directa de los primeros.

Este modelo contempló la necesidad de que los docentes adquirieran conocimientos prácticos y teóricos de la materia a enseñar, dominio del laboratorio y fundamentación psicopedagógica. El papel del profesorado se centraba en coordinar las actividades experimentales sin ejercer un gran protagonismo, pues de lo que se trataba era de potenciar el descubrimiento autónomo de los estudiantes. Por otra parte, desde el punto de vista epistemológico, el modelo se fundamentaba en posturas inductivistas de la ciencia, de manera que se suponía que el conocimiento existe fuera del individuo; para conocer se deben descubrir las verdades que nos ofrece la naturaleza. En esta perspectiva, la ciencia no debía ir más allá de lo que los hechos le indicaban.

Diversas investigaciones actuales en Didáctica de las Ciencias, coinciden en afirmar que este modelo terminó por reforzar en profesores, estudiantes y delineadores de currículos, concepciones espontáneas sobre la ciencia, sobre la actividad científica y sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. La primacía del «método científico» como camino único para elaborar conocimientos científicos, dejó en un segundo plano los contenidos. En parte, debido a estos resultados, surge un esfuerzo de fundamentación teórica en la educación científica que da lugar posteriormente a la emergencia del modelo de enseñanza y aprendizaje por recepción significativa.

Este movimiento en general favorecería un desarrollo importante en la década de los 80, que como lo indica Gil (1994), permitió que la Didáctica de las Ciencias pasara de tener un estatus pre-paradigmático a adquirir rasgos propios de una nueva disciplina. La situación pre-paradigmática de la Didáctica de las Ciencias se desarrolló a partir de diferentes investigaciones que lograron reconocer aspectos nacientes que irían consolidando lo que sería posteriormente la educación científica como un auténtico paradigma en educación e investigación educativa.

De hecho, como se presentaba en el Science Education, hacia mediados de la década de los 80 los investigadores en educación científica señalaban la necesidad de apoyar investigaciones en paradigmas teóricos exitosos. En aquella época la necesidad de la fundamentación teórica también estaba apoyada en la preocupación por identificar modelos de investigación propios en la investigación educativa. En los 80, como reporta Furió (2001), existían por lo menos cuatro orientaciones básicas en cuanto a paradigmas derivados de las investigaciones psico-educativas y que interpretaban de manera distinta el proceso de aprendizaje. Según Furió (2001), uno de estos paradigmas era el asociacionista, centrado en la taxonomía de objetivos de aprendizaje y basado en la estrategia de las destrezas de aprendizaje (Gagné y Biggs, 1974; Gagné, 1977).

A partir de este paradigma era posible evidenciar la coexistencia de distintas versiones paradigmáticas de la psicología cognitiva; una de ellas generaría la concepción de aprendizaje significativo y las estrategias ausubelianas basadas en los organizadores previos (Ausubel, 1968). Surgen aquí instrumentos desarrollados para identificar la estructura cognitiva de quien aprende, como los mapas conceptuales y la «V Heurística» de Gowin. Con la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (1968), se fortalecería la discusión teórica en educación científica

que, a la postre, llevaría también al análisis crítico del modelo de aprendizaje por descubrimiento. Se consolidaría así la emergencia del modelo de aprendizaje por recepción verbal significativa, el cual hace énfasis en la necesidad del profesor por presentar de manera jerárquicamente organizada los contenidos científicos a enseñar (Ausubel, Novak y Hanesian, 1976).

Desde el punto de vista de Ausubel (1968), se cuestionaba el «aprendizaje por descubrimiento» y se mostraba que tras la idea generalista de la «enseñanza tradicional», subyace un modelo coherente de enseñanza y aprendizaje por transmisión-recepción. El nuevo modelo que sugiere Ausubel indica que el aprendizaje de las ciencias puede ser más efectivo si se hacen interaccionar deliberadamente los conocimientos y las experiencias relacionadas con dichos conocimientos. Así, un aprendizaje significativo de las ciencias se logrará cuando los estudiantes diferencien y jerarquicen apropiadamente los conceptos de la ciencia y cuando, al aplicarlos a ciertas experiencias, puedan modificar conocimientos y experiencias previas.

Sin embargo, a pesar de los importantes avances conceptuales concedidos a la educación científica que trajo este modelo, la concepción de ciencia y de naturaleza de la ciencia continuó sosteniéndose sobre principios epistemológicos cercanos a posturas inductivistas (Pozo y Gómez Crespo, 1997). De hecho, los conceptos científicos se consideran –en el modelo de aprendizaje por recepción verbal significativa– como hechos externos al intelecto humano, y por tanto, para su aprendizaje, éstos deben ser «captados» por los estudiantes (Martínez-Terrades 1998). Otra crítica a este modelo surgió en torno a que los trabajos prácticos y la resolución de problemas juegan un simple papel de ilustración y manipulación, por lo que se reducía la posibilidad de emisión de hipótesis, de diseños experimentales o de análisis de los resultados en condiciones controladas, a la luz de las hipótesis y de los experimentos diseñados.

El conjunto de estos intentos de carácter psico-educativo por mejorar el aprendizaje de las ciencias fue reconocido por los propios expertos en los temas de psicología educativa (Carretero, 1987; pozó, 1989). Estos autores advirtieron la imposibilidad de proponer teorías únicas de aprendizaje para explicar lo que podía suceder en cualquier ambiente en términos de aprendizaje, es decir, admitió la dificultad de asumir la equipotencialidad de teorías del aprendizaje ya que no era posible encontrar leyes de aprendizaje que fueran generales para

cualquier contenido; por el contrario, éstas más bien serían dependientes de los contenidos conceptuales a abordar.

Otro paradigma, incipiente aún a principios de la década de los 80, es el que tuvo que ver con el aprendizaje de los contenidos científicos y las concepciones alternativas. Estos trabajos se reconocerían con los resultados de las tesis doctorales elaboradas por Driver (1973) y por Viennot (1976); en este paradigma la metodología de investigación preferentemente utilizada fue de naturaleza antropológica y naturalística.

Sería este paradigma, ya con claras inclinaciones positivas hacia la epistemología constructivista en la educación, el que intentaría marcar importantes diferencias con los demás paradigmas con los que competiría; Gilbert y Swift (1985) justificaron argumentadamente las diferencias existentes entre los programas de investigación en educación basados en las concepciones alternativas y los derivados de la psicología Piagetiana. En esta medida autores como Strike y Posner (1992) defendieron la emergencia de la Didáctica de las Ciencias, entendida esta como empresa racional, y presentaron nuevos indicios de la consolidación de una comunidad científica especializada basada en investigaciones en el campo de la educación científica.

En resumen, los paradigmas en educación científica que se consolidaron en la década de los 80 y se soportaron en principios de la psicología para abrir paso a la fundamentación de tendencias de naturaleza constructivista fueron las siguientes:

Primero, el paradigma asociacionista centrado en la taxonomía de objetivos de aprendizaje (Bloom et ál., 1975) y basado en la estrategia del desarrollo de destrezas de aprendizaje según Gagné. Este paradigma abriría las puertas que condujeron a la generación de un segundo paradigma basado en la concepción del aprendizaje significativo desarrollando estrategias que Ausubel basa en el conocimiento de aprendizaje significativo, la estructura de los organizadores previos conectores y el mapeado de estructuras cognitivas. Relacionada también con la concepción del aprendizaje significativo, aparece otra versión que tiene que ver con el procesado de información utilizando la metáfora de la mente como un ordenador. El tercer paradigma se apoya en los principios de la epistemología genética propuesto por Piaget y sugiere el desarrollo de operaciones formales como alternativa para la apropiación de conceptos y teorías científicas de mayor nivel de rigurosidad.

El cuarto paradigma corresponde al movimiento de las concepciones alternativas, donde fundamentalmente empieza a explicitarse la importancia del aprendizaje de las ciencias. En esta concepción, las ideas previas de los estudiantes –o de las personas que aprenden– obedecen a una posición de un carácter mucho más constructivista, y así podemos decir que sería a comienzos de la década de los 80 cuando se marca una época en la que la Didáctica de las Ciencias se encuentra en una situación pre-paradigmática; allí empiezan a conjugarse un conjunto de paradigmas de investigación relacionados con problemáticas asociadas a la educación científica y se pueden reconocer fácilmente diversas investigaciones sobre aspectos globales del aprendizaje y el desarrollo de los niños, muy propios de un dominio de la psicología educativa pero aplicados a la investigación sobre disciplinas científicas y, concretamente, a investigaciones sobre procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias; es decir, progresivamente van consolidando el campo de conocimientos propio de la Didáctica de las Ciencias.

Sería entonces cuando empiezan a considerarse aspectos relacionados con el papel activo del estudiante en la construcción de sus propios conocimientos, que se habla realmente de los inicios conceptuales de un modelo constructivista en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Como sabemos, la noción de constructivismo como corriente de pensamiento contemporáneo, ha impactado en diferentes ámbitos, especialmente en la psicología, en la epistemología y en la didáctica. En la psicología, ofreciendo explicaciones acerca del papel de la cognición humana en la elaboración de aprendizajes como modelo para comprender la actividad intelectual de las personas cuando resuelven problemas; desde esta perspectiva, se encuentran diferencias fuertes respecto al paradigma conductista del aprendizaje. En la epistemología, las tesis constructivistas nos ayudan a reflexionar sobre los «objetos del saber» a partir de las relaciones entre los datos empíricos (hechos) y las construcciones teóricas (teorías) que hacemos sobre los hechos (Astolfi, 2001). Estas tesis, desarrolladas por varios autores desde comienzos del Siglo xx hasta la actualidad, se oponen a las posturas empiristas y positivistas sobre el conocimiento científico que suponen que el conocimiento va desde fuera hacia adentro del sujeto, es decir que la realidad existe per se y, por tanto, la ciencia es un instrumento para descubrir las verdades ocultas en la realidad a partir de observaciones cuidadosas y detalladas sobre el mundo.

De igual forma, la perspectiva constructivista del conocimiento también ha influido en la Didáctica al situar a los alumnos como ejes del aprendizaje escolar,

lo cual es posible en la medida en que se desarrollen cambios y recontextualizaciones entre las ideas previas y nuevas, enmarcadas desde modelos teóricos científicos (Astolfi, 2001). En tal sentido, el paradigma constructivista en la enseñanza se opone a los modelos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias por transmisión verbal de conocimientos y del descubrimiento inductivo y autónomo.

La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio

En el ámbito de la formación de profesores, la investigación en educación científica ha venido resaltando la importancia del reconocimiento de la epistemología docente como fuente para comprender y transformar esquemas de acción alrededor del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias; esto debido a que la epistemología docente puede operar de manera explícita o implícita y a que se puede constituir como un obstáculo para el desarrollo de una práctica docente eficaz (Gil, 1991; Bell, 1998).

El reconocimiento de la epistemología docente nos brinda las claves necesarias para comprender los conocimientos y las actitudes de los profesores en torno a la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y, en definitiva, el currículo. La epistemología docente habrá de permitirnos el logro de reestructuraciones didácticas débiles o fuertes y, en general, nos ha de permitir comprender las características de la práctica docente. En contraposición, no tener en cuenta la epistemología del docente al momento de diseñar programas de formación inicial o continuada del profesorado de ciencias, puede constituirse en un serio impedimento para el desarrollo de cambios didácticos.

Carnicer y Furió (2002) muestran cómo la investigación que se ha hecho sobre la epistemología personal docente, ha sido documentada por Porlán (1989) desde perspectivas del desarrollo de hipótesis de progresión teórica; según estos autores hoy se sigue careciendo de un significado claro de lo que podríamos denominar epistemología docente. Fundamentan su apreciación sobre el principio de la dispersión terminológica que existe respecto a este dominio, lo que conduce a pensar que con ello ocurre algo parecido a lo que se ha presentado en otros ámbitos de la Didáctica de las Ciencias, especialmente en los primeros años de investigación sobre la problemática asociada con las concepciones alternativas de los estudiantes y su relación con el aprendizaje de las ciencias. Briscoe (1991)

denomina epistemología personal docente al énfasis que hay sobre las creencias, las concepciones, o simplemente las ideas del profesor sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y cómo estas se originan.

De otra parte, Oliver y Koballa (1992) registran las características comunes del constructo «creencias» encontradas en la investigación didáctica, resaltando que dichas creencias se adquieren mediante la comunicación y acaban guiando la acción; Claxton (1987) se refiere al carácter sistémico y coherente de pensamiento del profesor y lo denomina *teorías personales docentes*.

Examinando estas diferentes posturas, Carnicer y Furió (2002) demuestran cómo unos y otros diferencian el pensamiento del profesor de la acción educativa, y en consecuencia sugieren que es lógico suponer plantear como problemas de investigación en formación de profesores, las relaciones que existen entre la epistemología personal docente y la práctica personal docente. En tal sentido, se encuentran trabajos que presuponen la existencia de cierta correlación entre pensamientos y acciones, particularmente en lo que se refiere a las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y la práctica docente; Tobin y Espinet (1989) describen algunas investigaciones por estudios de caso, donde dos profesores investigados creían que la ciencia es un conjunto de verdades que habrían de trasvasarse a la mente de los estudiantes, sin tener en cuenta el carácter hipotético del conocimiento científico, lo que mostraría de alguna manera relaciones entre una concepción de la epistemología docente y ciertos modelos de enseñanza de corte estrictamente transmisivo.

También se encuentran otros trabajos como los elaborados por Hodson (1993), donde se muestran relaciones más complejas entre la epistemología y la práctica docente; este autor llama la atención sobre si es posible una relación directa causa-efecto entre una y otra. La complejidad de estas relaciones ha hecho que algunos investigadores se inclinen por conceder mayor énfasis al estudio de la práctica docente que a las creencias epistemológicas de los profesores, y más bien han procurado derivar a partir de los hallazgos realizados sobre la práctica docente, las características fundamentales de dicha epistemología.

Tobin et ál. (1993) estudiaron las relaciones entre la epistemología y la práctica docente de un profesor tutoriado, quien manifestó creencias de naturaleza objetivista acerca del conocimiento científico, es decir, concibió estos conocimientos como verdades a las que tenemos acceso los seres humanos a través

de la acción científica. En el trabajo desarrollado por estos autores se logró, con el apoyo de la tutoría, que el profesor apropiara un conjunto de creencias de naturaleza constructivista, aunque no correspondían con su práctica docente. Se encuentra en este caso un ejemplo de otro modelo de trabajo, en el cual se logran transformaciones a nivel conceptual, es decir, a nivel de la epistemología docente, pero no así a nivel de la práctica docente.

Los autores han interpretado este hecho diferenciando la epistemología personal del profesor de la epistemología en la acción, haciendo referencia a que la primera es un conjunto de esquemas mentales que realmente guían la acción del profesor en el aula. Tobin y otros investigadores (1993) sostienen que los profesores han desarrollado su acción basándose en rutinas prácticas, guiadas por su epistemología en la acción, las cuales, la mayoría de las veces, son más consistentes con modelos de las ciencias centrados en el objetivismo y no en el constructivismo.

El grupo IRES (Investigación en la escuela de la Universidad de Sevilla) ha propuesto algunos modelos epistemológicos docentes que, a título de hipótesis de progresión, vendrían a constituir niveles de formulación del conocimiento profesional, particularmente en los trabajos desarrollados por Porlán, Rivero y Martín del pozo (1997 y 1998); en otros trabajos de este mismo grupo se han identificado algunos obstáculos que, en relación con el conocimiento profesional, pueden presentar las percepciones más habituales entre los profesores (Porlán, Rivero, y Martín del Pozo, 1997).

Carnicer y Furió (2002) presentan un replanteamiento de la idea de epistemología docente, con lo cual intentan resolver, por una parte, la dispersión conceptual existente en la investigación en formación de profesores, y por otra, la complejidad de las relaciones entre creencias y prácticas docentes. Asumen estos autores que al referimos a la idea de epistemología docente hemos de mencionar un sistema dinámico de actitudes y valores del profesor hacia el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, que abarcaría desde las creencias sobre la ciencia y su enseñanza y aprendizaje, hasta los esquemas de acción como antecedentes de la práctica docente.

En mis trabajos desarrollados sobre este asunto (Mosquera, 2008) considero que la epistemología personal docente consta de una **componente conceptual**, basada en los esquemas de conocimientos propios sobre la ciencia y sobre la

enseñanza de las ciencias, asociada con una **componente cognitiva** conformada por ideas y creencias, una **componente conativa** que orienta las tomas de decisión y una **componente valorativa** que ayuda a definir grados de aceptación y rechazo que los profesores manifiestan en relación con la ciencia y con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Desde esta propuesta, fundamentado en el trabajo de Simpson et ál. (1994), las últimas tres componentes citadas (cognitiva, conativa y valorativa) conforman una más global: la **componente actitudinal**, que junto con la conceptual y la **componente metodológica**, estructuran el *saber hacer*, el *saber* y el *hacer* del profesor, respectivamente. La correlación entre las actitudes y los conocimientos de los profesores, en relación con la ciencia y la naturaleza del conocimiento científico, consolidan lo que para los efectos de este trabajo se denomina la **epistemología docente**, la que está directamente anclada con la componente metodológica expresada en la **práctica docente**.

Volviendo al estudio de las concepciones científicas del profesorado, según Porlán (1998), en el contexto de la Didáctica de las Ciencias se prestaba principal atención a los aspectos procedimentales y estructurales del pensamiento del profesor; sin embargo este autor indica cómo en los últimos años ha habido un interés creciente por indagar y comprender las concepciones de los profesores. Destacan aquellos que se centran, por una parte, en las ideas de los profesores acerca del conocimiento científico, su naturaleza, su estatus, sus reglas de producción y validación, su relación con otros conocimientos, la manera como cambia y progresa, etc. Por otro lado, los que abordan las creencias pedagógicas que incluyen un amplio rango de aspectos relacionados con la enseñanza y con el aprendizaje de las ciencias; y finalmente, los que procuran identificar relaciones entre el conocimiento y su construcción y transmisión en el contexto escolar, lo que llamarían Porlán (1989) y Pope y Scott (1983), la *epistemología de lo escolar*.

Varios autores como Pope y Gilbert (1983), Lederman (1992) y Kouladis y Ogborn (1995), hacen referencia a cómo los profesores transmiten una imagen deformada del conocimiento del trabajo científico, imagen muy distante de los aportes recientes de la epistemología de la ciencia y cuya problemática, en consecuencia, debe ser necesariamente revisada en cualquier proceso de formación de profesores. En este sentido también la investigación ha demostrado que incluso los medios de comunicación y el lenguaje cotidiano contribuyen a difundir a la sociedad esos mitos que pueden ser fácilmente impregnados en el profesorado si no se le dedica especial atención a lo largo de su proceso de formación tanto

inicial como continuada. En general, estos mitos habituales inculcados cotidianamente, hacen suponer el progreso científico como el resultado de grandes golpes de suerte, a los científicos como seres casi no-humanos y salidos de lo común, imaginados como personas que se dedican a develar y a encontrar las verdades ocultas de la naturaleza, y a desarrollar experimentos siempre infalibles.

En un estudio empírico realizado por Cotham y Smith (1991) a este respecto, se desarrolló un cuestionario denominado «Conceptions of Scientific priorities test», el cual constaba de cuatro dimensiones: implicaciones de naturaleza ontológica, la génesis, la elección y la comprobación de teorías; y en cada una de estas dimensiones buscaban dos alternativas epistemológicas: para el caso de lo ontológico, las relaciones entre el realismo y el instrumentalismo; para el caso de la génesis, la relación entre inductivismo e invención; para el caso de la elección de teorías, la relación entre el objetivismo y el subjetivismo; y para el caso de la comprobación de teorías, la relación entre tentativismo y conclusionismo.

Los datos obtenidos señalan que los profesores terminaban siendo conclusivistas a la hora de comprobar las teorías, inductivistas para explicar cómo se genera el conocimiento científico y objetivistas para elegir entre teorías que rivalizan. En otro trabajo, Lederman (1992) pone de manifiesto una tendencia reiterada por parte de profesores y estudiantes para profesores de ciencias, hacia las características de naturaleza positivista o empiro-inductivista del conocimiento científico. Por otra parte, en el trabajo de Kouladis y Ogborn (1989) se demuestra que existen evidencias de distintos puntos de vista sobre el conocimiento científico, que constituyen una cierta evolución desde una imagen empiro-inductivista hacia planteamientos más contextualizados.

En este estudio, Kouladis y Ogborn (1989) trabajaron con una muestra de doce profesores de ciencias y con once estudiantes para profesores de ciencias. Los tipos de respuestas condujeron a identificar sus puntos de vista con tendencias muy cercanas al hipotético-inductivismo, al deductivismo y al contextualismo, así como también hacia el relativismo. Sin embargo también fue posible encontrar lo que algunos autores denominan *posiciones eclécticas*, en las que realmente no se encuentra de manera definitiva una marcada tendencia hacia una de estas posturas. De todos modos, los puntos de vista que más se han podido identificar tienen que ver con los profesores que mantienen una posición de naturaleza inductivista respecto a la metodología científica, suponiendo el método científico

como la principal herramienta para la producción del conocimiento científico, pero que en ocasiones tienden, como muestran estos estudios, a manifestar puntos de vista racionalistas al momento de diferenciar entre lo que es ciencia y lo que no lo es. Otro gran grupo es el que clasificaría a los profesores dentro de lo que Kouladis y Ogborn (1985) denominan *contextualismo metodológico*, asociándolo con una postura racionalista indecisa respecto al estatus del conocimiento científico, aunque se identifica la tendencia a adoptar una postura de carácter contextualista-relativista para explicar los cambios en dicho conocimiento; en definitiva, en esta investigación se encuentra que hay un predominio de enfoques absolutistas y positivistas, y que definitivamente es necesario considerarlos al momento de desarrollar cualquier proceso de formación de profesores.

Hacia un modelo de formación de profesores apoyado en la Tesis Constructivista del Cambio Didáctico

Los trabajos de Munby y Russell (1998), desarrollados en el *International Handbook of Science Education* resaltan, por una parte, que las investigaciones en el campo de la formación de profesores han adquirido relevancia como dominio particular en la investigación en Educación Científica, y por otra, que se está dando una relativa importancia al conocimiento práctico de la enseñanza. De igual forma, en el *Handbook of Research on Science Education*, editado por Abell y Lederman (2007), se abordan aspectos sobre actitudes y creencias, aprender a enseñar ciencias, el desarrollo profesional de profesores de ciencias y los profesores de ciencias como investigadores, entre otros. Al respecto, en el contexto de la formación de profesores, se sugiere en la actualidad que los modelos y los programas resulten ser consistentes con los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias, y que a su vez sean y resulten ser eficaces para el desarrollo profesional de los docentes. De esta manera se busca integrar en un continuo-coherente, las relaciones teoría-práctica en las que se concibe al profesor como un aprendiz novato, tanto de las investigaciones como de las innovaciones en problemas referidos a la enseñanza de las ciencias, así como en la participación activa en modelos conceptuales y metodológicos propios de la enseñanza de las ciencias.

Trabajos citados por Porlán (1998) y por Gil, Carrascosa y Martínez-Terrades (1999-b) hacen referencia al interés reciente en los procesos de formación de

profesores en lo relacionado con el «aprendizaje significativo de enseñar ciencia», que no es otra cosa que el ámbito propio específico de lo que hoy en día conocemos como Didáctica de las Ciencias Experimentales.

En síntesis, es el conjunto de concepciones sobre la ciencia y sobre la actividad científica, así como de las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, que junto con las actitudes que el profesor manifiesta, vendrían a explicar la epistemología docente. El desarrollo profesional docente implica, desde esta perspectiva, el reconocimiento de las estructuras propias de la epistemología docente y de sus implicaciones directas en la práctica docente, lo cual constituye el referente fundamental no solo para comprender la epistemología y la práctica docente habitual, sino para referenciar e identificar posibles caminos que conduzcan a cambios de epistemologías y de prácticas, más próximos a los esperados por la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias. Así pues, los procesos llevados a cabo para facilitar transformaciones o recontextualizaciones desde epistemologías y prácticas habituales hacia epistemologías y prácticas innovadoras, constituyen el **desarrollo profesional del profesorado de ciencias**.

Propongo conseguir el desarrollo profesional antes sugerido (Mosquera y Furió, 2008) por la vía del **cambio didáctico**, el cual se entiende como cambio en concepciones, actitudes y esquemas de acción del profesorado, modificaciones de las manifestaciones que puedan encontrarse habituales en relación con la enseñanza y con el aprendizaje de las ciencias hacia otras maneras de interpretar, de desarrollar y finalmente de explicitar lo que ha de ser el proceso propio de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Un cambio didáctico, aprendido internalistamente, por tanto referido a la reflexión consciente del profesor, implica cambios en la forma de pensar, de sentir y de actuar a través de los cuales podrían solucionarse problemas y aportarse mejores alternativas para el logro de aprendizajes significativos en los estudiantes.

Para ello hay que recordar que la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias ha puesto de relieve la existencia de una epistemología personal docente, construida a través de la impregnación ambiental que el profesor ha apropiado a lo largo de su vida como estudiante y que después, como profesor, mediatiza a través de actitudes y comportamientos explícitos en el trabajo de aula de clase; esta epistemología personal docente, en muchos casos se consti-

tuye en un obstáculo para cambios didácticos esperados, pero también puede considerarse como una oportunidad de desarrollo que puede justificar –y de alguna manera fundamentar– nuevas construcciones didácticas tal y como lo expresan Tobin y Espinet (1989) y Carretero y Limón (1996). Podría afirmarse que programas de formación de profesores apoyados en la simple información de nuevos conocimientos científicos, pedagógicos o didácticos, y en la ilustración de nuevas metodologías, no favorecen cambios didácticos, pues esta alternativa se cimienta en el paradigma externalista del aprendizaje, el cual supone que éste se evidencia por cambios en las conductas de las personas debidos a estímulos o a información externa, y que como lo han hecho notar varias investigaciones, en el sentido estricto de la palabra, no genera aprendizajes sino acumulación de información que no favorece las transformaciones necesarias en una persona, tanto para superar sus creencias previas, como para solucionar de manera idónea problemas de interés y de su contexto cultural (Murillo, 2003; Zabalza, 2003).

De hecho, los cambios didácticos manifestados en modificaciones tanto en la epistemología personal docente como en la práctica docente, efectivamente no son fáciles de lograr. Por ello, en la línea de investigación en Didáctica de la Química (DIDAQUIM) de la Universidad Distrital de Bogotá (Colombia), hemos propuesto que los procesos de formación de profesores se organicen sobre la base de las orientaciones de modelos didácticos asociados con la enseñanza de las ciencias por investigación dirigida. De modo equivalente al tratamiento para la enseñanza de conocimientos científicos desde una perspectiva constructivista, donde se considera la necesidad de cambios de naturaleza conceptual, metodológica y actitudinal, para los efectos en los procesos de formación de profesores desde la perspectiva constructivista del cambio didáctico, se esperan cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales hacia la enseñanza de las ciencias.

Es el nivel conceptual en las concepciones de los profesores lo que da sentido al nivel práctico en la actuación del docente dependiendo del tipo de actitudes que el profesor asuma y explicita en su trabajo docente; esto es, las concepciones del profesor guían sus ideas, sus creencias, sus grados de aceptación o de rechazo y sus decisiones, y todo ello se refleja en las acciones que en la práctica adelanta el profesor en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. A partir de esta tesis, se puede plantear a título de hipótesis, que la incoherencia entre lo que sabe el profesor (nivel conceptual-conocimientos y concepciones) con lo que hace en la práctica (nivel operativo-esquemas de acción) se debe al deficiente desarrollo

de un tercer valor agregado en la actividad profesional del docente: las actitudes del profesor (nivel cognitivo-ideas, creencias, valores y orientaciones para las decisiones). Por lo anterior, para nosotros es impensable suponer programas de formación del profesorado para propiciar cambios didácticos que no involucren componentes conceptuales, actitudinales y metodológicas de manera simultánea, relacionada, coherente y compleja.

Desde esta perspectiva, resulta pertinente que los programas de formación de profesores tengan en cuenta las propias vivencias de clase y los problemas cotidianos que los profesores enfrentan; así pues, no se trata de programas de formación de profesores planeados a priori rigurosamente, pues serían de alguna manera «artificiales» en relación con la práctica docente del profesor y con las realidades que a diario vivencia en su práctica docente.

La preponderancia a la integración teoría didáctica-práctica docente, ha de permitir la formación de actitudes positivas del profesorado de ciencias hacia la innovación y la investigación didáctica, ya que favorece un interés más explícito por parte del profesor hacia la actividad docente, entendida como una praxis profesional fundamentada en conocimientos y prácticas consistentes con teorías y metodologías especializadas en el estudio de la educación ciudadana y los problemas asociados con la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y el currículo, entre otros. La investigación reciente en el ámbito de la formación del profesorado de ciencias, viene dando evidencia de resultados prometedores que podrían sentar bases para la obtención de mejores resultados, en tanto que la eficacia de programas de formación docente apoyados en modelos de enseñanza por investigación orientada y que favorecen el desarrollo de competencias docentes al integrar coherentemente cambios de tipo conceptual, metodológico y actitudinal del profesorado hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, promueven el desarrollo de epistemologías y prácticas docentes coherentes con los resultados de la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias.

Finalmente, habría que decir que modelos de formación de esta naturaleza podrían fomentar esquemas de actuación dinámicos, que favorecerían a mediano plazo la inserción de los profesores en tareas propias de la innovación desde la Didáctica de las Ciencias, es decir, que estos profesores pueden terminar por abandonar una práctica que los reduce únicamente a ser consumidores acríticos de resultados de la investigación en educación científica para pasar a ser parte

activa y agentes protagónicos dentro de la comunidad de profesores que investigan en este nuevo ámbito del conocimiento educativo.

Conclusiones

Las dificultades que se plantean en la transformación del currículo, por ejemplo, pueden ser susceptibles de interesar a los profesores si se favorecen reflexiones conscientes, críticas y analíticas acerca de la necesidad de construir nuevos cuerpos teóricos que nos ayuden a interpretar de otra manera la actividad científica, la naturaleza de la ciencia y la metodología de investigación científica. Cuando estas reflexiones se desarrollan dentro de un contexto constructivista y en un ambiente que privilegia el trabajo creativo y reflexivo en la construcción de conocimientos, se favorece el desarrollo de cambios metodológicos, conceptuales y actitudinales. El aprendizaje significativo de la Didáctica de las Ciencias por parte de Profesores de Ciencias, implica la elaboración de un amplio espectro de conocimientos en epistemología de la ciencia, en currículo, en enseñanza, aprendizaje, evaluación, así como en el desarrollo de un conjunto de actitudes positivas y de esquemas de acción consistentes con una docencia innovadora que rompe fuertemente con modelos de enseñanza tradicionalmente asumidos por los profesores, por las instituciones educativas, por las políticas públicas en educación y muchas veces reforzados por las tradiciones educativas de nuestras sociedades.

Este «espectro de conocimientos» antes citado podría resultar desalentador para un profesor, pero si se le mira en positivo, puede que referirnos a la «maraña de conocimientos didácticos» carezca de sentido, pues de hecho cualquier estudio en torno a la epistemología y a la filosofía de las ciencias, a la didáctica de las ciencias y en general a la Educación Científica, es tan amplio y complejo como para suponer que se trata de un reto individual que debemos asumir los profesores. Al igual que sucede con los retos que nos plantea la investigación científica, un experto no necesariamente debe poseer todo el conjunto de conocimientos y destrezas para poder solucionar un problema, pues queda claro que este reto corresponde y se aborda en una empresa colectiva. Algo similar sucede de cara a favorecer las mejores condiciones teóricas y prácticas para el desarrollo de una docencia innovadora: superar el reto es posible, por una parte, si se conforma y se fortalece el trabajo docente de los profesores entendido como una actividad

de investigación, y por otra, si dicha actividad se desarrolla en el contexto de colectivos docentes que trabajan colaborativamente.

Es importante que con el desarrollo actual y vertiginoso de la Didáctica de las Ciencias, el trabajo docente deje de seguir siendo considerado como un cúmulo de actividades aisladas y repetitivas, que escasamente requieren de cuerpos teóricos especializados. En la actualidad es importante que los profesores de ciencias tomemos conciencia de que nuestra labor docente corresponde a una actividad teóricamente fundamentada, lo cual requiere del aprendizaje de un cuerpo de conocimientos que dé sentido a los problemas asociados con la educación científica. Y dado que del cuerpo de conocimientos contemporáneos en este campo se precisan nuevas dimensiones para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, el aprendizaje de la Didáctica de las Ciencias por parte del profesorado en formación inicial o continuada no debe darse a la manera de asimilación de nuevas rutinas o técnicas. Se trata, en definitiva, de que se comprenda y se vivencie que aprender no es sinónimo de asimilar sino de elaborar, de construir.

Y todo lo anterior con mayor razón, cuando la enseñanza de las ciencias, vista desde las perspectivas multiculturales del conocimiento, conduce a reconocer que se trata no de la «enseñanza de la ciencia convencional» sino de «enseñanza de las ciencias», entre las que se encuentran también, por ejemplo, las producciones de conocimientos ancestrales y de conocimientos arraigados culturalmente.

Referencias

Abell, S. K. y Lederman, N. G. (2007). *Handbook of research on Science Education*. New York: Routledge.

Astolfi, J. P. (2001). *Conceptos clave en la Didáctica de las Disciplinas*. Sevilla. Diada Editora, S. L.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston. Versión Española: *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1976). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: México.

Behrendt, H. et ál. (2001). *Research in Science Education: Past, Present and Future*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.

Bell, B. (1998). Teacher development in science education. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K. (Eds.). London: Kluwer academic publishers.

Bloom, B., Hastings, T. y Madaus, G. (1975) *Evaluación del Aprendizaje*. Troquel: Buenos Aires.

Briscoe, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teachers change. *Science Education*, 75(2), 185-199.

Carnicer, J. y Furió, C. (2002). La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio. *Investigación en la Escuela*, 47, 33-52.

Carretero, M. (1987). Prólogo. En: J. I. Pozo. *El aprendizaje de las Ciencias y el Pensamiento Causal*. Madrid: Visor.

Carretero, M. y Limón, M. (1996). Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica. En: Rodrigo, M. J. y Arnay (Eds.). *La construcción del conocimiento escolar. Ecos de un debate*. Buenos Aires: Aique.

Claxton, G. (1987). *Vivir y aprender*. Madrid: Alianza psicología.

Coll, C. (1988). *Conocimiento psicológico y práctica educativa*. Barcelona: Barcanova.

Cotham, J. C. y Smith, E. L. (1981). Development and validation of the conceptions of Scientifics Theories Test. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(5), 387-396.

Dewey, J. (1945). Methods in Science Teaching. *Science Education*, 29, 119-123.

Driver, R. (1973). *The representations of conceptual frameworks in young adolescents science students*. Tesis Doctoral. Urbana, Illinois: University of Illinois.

Duschl, R. y Gitomer, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implication for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.

Fraser, B. J. (1998). Science learning environments: assessment, effects and determinants. En: B. Fraser y K. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.

Fraser, B. y Tobin, K. (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publisher.

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

Furió, C. (2001). *Proyecto Docente: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Valencia: Universitat de València-Estudi General.

Furió, C. y Gil, D. (1989). La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 257-265.

Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V. (2000). *Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica?* Valencia: Universidad de Valencia.

Gabel, D. (1994). *Handbook of research on science Teaching and learning*. New York: MacMillan Pub Co.

Gagné, R. M. (1977). *Conditions of learning*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Gagné, R. M. y Biggs, L. J. (1974). *Principles of instructional design*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

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

Gil, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 154-164.

Gil, D. (1997). *Proyecto Docente*. Valencia: Universidad de Valencia.

Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

Gil, D., Carrascosa, J. y Martínez-Terrades, F. (1999). *La didáctica de las ciencias: una disciplina emergente y un campo específico de investigación*. Valencia: Universitat de València.

Gilbert, J. K. y Swift, D. J. (1985). Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69(5), 681-696.

Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.

Hodson, D. (1993). Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24(1-2), 41-52.

Jenkins, E. (2001). Science Education as a field of research. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1(1), 9-21.

Jiménez, M. P. y Sanmartí, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: Objetivos y contenidos en la educación secundaria. En: L. del Carmen (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

Kelly, G. (1955). *The Psychology of Personal Constructs*. New York: Norton.

Klopfer, L. E. (1983). Research and the crisis in Science Education. *Science Education*, 67(3), 283-284.

Kouladis, V. y Ogborn, J. (1989). Philosophy of science: an empirical study of teacher's views. *International Journal of Science Education*, 11(2), 173-184.

Kyle, W. C., Linn, M., Bitner, B. L., Mitchener, C. P. y Perry, B. (1991). The role of research in Science Teaching: an NSTA theme paper. *Science Education*, 75(4), 413-418.

Lederman, N. G. (1992). Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

Linn, M. C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216.

Martínez-Terrades, F. (1998). *La didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. Génesis, estado actual y perspectivas*. Tesis doctoral. Valencia: Universidad de Valencia.

Mellado, V. y González, T. (2000). La formación inicial del Profesorado de Ciencias. En: F. J. Perales y P. Cañal (Eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 535-555. Alcoy: Ed. Marfil.

Mosquera, C. J. (2008). *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de Profesores universitarios de Química*. Tesis Doctoral. Valencia: Universidad de Valencia.

Mosquera, C. J. y Furió, C. J. (2008). El cambio didáctico en profesores universitarios de química a través de un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada. *Revista Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 115-154.

Munby, H. y Russell, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. En: B. Fraser y K. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer academic publishers.

Murillo Estepa, P. (2003). Formas de entender el aprendizaje de los estudiantes universitarios: Teorías y modelos del aprendizaje adulto. En: C. Mayor Ruiz (Coord.). *Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Superior*. Barcelona: Octaedro-EUB.

Oliver, S. y Koballa, T. (1992). *Science Educators use of the concept of belief*. Paper presented at the 65th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston.

Perales, F. J. y Cañal, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Ed. Marfil.

Pérez Gómez, A. I. (1978). *Las fronteras de la educación. Epistemología y ciencias de la educación*. Madrid: Zero.

Pope, M. L. y Gilbert, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, 67, 193-203.

Pope, M. L. y Scott, E. M. (1983). Teacher's epistemology and practice. En: R. Halter y J. K. Olson. *Teacher thinking: a new perspective on persisting problems in education*. Lisse, Holanda: Swets y Zuitlinger.

Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis doctoral. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 16(1), 175-185.

Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los Profesores/as I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.

Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los Profesores/as II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288.

Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *La construcción del conocimiento profesional deseable*. Sevilla: Diada Editores.

Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1997). ¿Qué es lo que hace difícil la comprensión de la ciencia? Algunas explicaciones y propuestas para la enseñanza. En: L. del Carmen (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

Schwab, J. J. (1970). *The Practical: A language for curriculum*. Washington, D.C.: National Education Association.

Shulman, L. S. (1992). Renewing the pedagogy of teacher education: the impact of subject-specific conceptions of teaching. En: Actas del Congreso *Las Didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela.

Simpson, R. D., Kobala, T. R., Oliver, J. S. y Crawley, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En: D. Gabel (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub. Co.

Tobin, K. y Espinet, M. (1989). Impediments to change: applications of coaching in high school science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(2), 105-120.

Tobin, K. et ál. (1993). *The long Hard Road form Objectivism to Constructivism*. Paper presented at the annual meeting of the second international conference of the History and Philosophy of Science Teaching Conference.

Strike, G. y Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En: R. Duschl y R. Hamilton (Eds.). *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*. Albany : State University of New York.

Viennot, L. (1976). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Tesis doctoral. París: Université Paris 7. (Publicada en 1979 por Herman: Paris).

Zabalza, M. A. (2003). *Competencias Docentes del Profesorado Universitario. Calidad y Desarrollo profesional*. Madrid: Narcea S.A. de Ediciones.