

La investigación *sobre la formación de profesores* desde la perspectiva del cambio didáctico

Research on Teacher Training from the Perspective of Educational Change

La recherche sur la formation de professeurs depuis la perspective du changement
didactique

A pesquisa sobre a formação de professores desde a perspectiva da mudança didática

Fecha de recepción: 6 DE MARZO DE 2011 | Fecha de aceptación: 11 DE MAYO DE 2011
Encuentre este artículo en <http://magisinvestigacioneducacion.javeriana.edu.co/>

Impreso: SICI: 2027-1174(201106)3:6<265:ISFP>2.0.TX;2-K; Electrónico: SICI: 2027-1182(201106)3:6<265:ISFP>2.0.CO;2-B

Escrito por CARLOS JAVIER MOSQUERA-SUÁREZ
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
BOGOTÁ, COLOMBIA
cmosquera@udistrital.edu.co

Resumen

En este documento se analizan los principales modelos de formación de profesores de ciencias logrados por la investigación y la innovación que en esta línea ha adelantado la Didáctica de las Ciencias en las últimas décadas. En tal sentido, se hace un análisis del desarrollo histórico de esos modelos y en particular, se aborda la formación de profesores de ciencias desde la perspectiva de las teorías del cambio didáctico.

Palabras clave autor

Didáctica de las ciencias, formación de profesores de ciencias, epistemología personal docente, cambio didáctico, práctica docente.

Palabras clave descriptor

Epistemología [310], historia de la educación [1063], práctica pedagógica [113], técnica didáctica [213], método de enseñanza [3402], método de formación [256], actualización de los conocimientos [35], innovación educacional [2003].

Transferencia a la práctica

Por la naturaleza académica de este documento, su aplicación en la práctica educativa es directa, en el sentido de que aborda diversos modelos de formación de profesores, en particular para fundamentar aquellos que proponen cambios en cosmovisiones, concepciones, actitudes y prácticas hacia la enseñanza de las ciencias. De otra parte, considera la articulación de estos modelos con investigaciones sobre presupuestos culturales para asumir la práctica educativa de los profesores como una actividad profesional con saldo social.

Para citar este artículo | To cite this article | Pour citer cet article | Para citar este artigo

Mosquera-Suárez, C. J. (2011). La investigación sobre la formación de profesores desde la perspectiva del cambio didáctico. *magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 3 (6), 265-282.

Key words author

Science Education, Teacher Training for Science Subjects, Epistemology of Teaching Staff, Educational Change, Teaching Practices.

Key words plus

Epistemology, Educational History, Teaching Practice, Teaching Methods, Training Methods, Refresher Courses, Educational Innovations.

Abstract

This paper addresses the teacher training models in science subjects that have been developed during recent decades. It reviews the historical development of these models and approaches teacher training for science subjects from the perspective of educational change theories.

Transference to practice

Given the scholarly character of this paper and the fact that it addresses various models of teacher training, its transference to educational practice is directly aimed to those who propose changes in world views, conceptions, attitudes and practices in the teaching of science subjects. On the other hand, this material is believed to be useful when relating these models to research on culture budgets, in order to perceive educational practices of teachers as activities with social effects.

Mots clés auteur

Didactique des sciences, formation de professeurs de sciences, épistémologie personnelle de l'enseignant, changement didactique, pratique de l'enseignement.

Mots clés descripteur

Épistémologie, histoire de l'éducation, pratique pédagogique, méthode de formation, innovation éducative.

Résumé

Dans ce document on analyse les principaux modèles de formation de professeurs de sciences acquis par la recherche et l'innovation que dans cette ligne la didactique des sciences à continué dans les dernières décennies. Ainsi, on fait une analyse du développement historique de ces modèles et en particulier, on aborde la formation de professeurs de sciences depuis la perspective des théories du changement didactique.

Transfert à la pratique

Etant-donné la nature académique de ce document, son application dans la pratique éducative est directe, puisqu'elle aborde plusieurs modèles de formation de professeurs, en particulier pour fonder ceux qui introduisent des changements dans les cosmovisions, les conceptions, les attitudes et les pratiques envers l'enseignement des sciences. D'autre part, on considère l'articulation de ces modèles avec la recherche sur des présupposés cultureux pour guider la pratique éducative des professeurs en tant qu'une activité professionnelle avec une balance sociale.

Palavras-chave autor

Didática das ciências, formação de professores de ciências, epistemologia pessoal docente, mudança didática, prática docente.

Palavras-chave descritor

História da epistemologia, história educacional, prática de ensino, métodos de ensino, métodos de treinamento, cursos de reciclagem, as inovações educacionais.

Resumo

Neste documento se analisam os principais modelos de formação de professores de ciências, gerados pela pesquisa e pela inovação, nas últimas décadas, pela Didática das Ciências. Neste sentido se faz uma análise do desenvolvimento histórico desses modelos e em particular se aborda a formação de professores de ciências desde a perspectiva das teorias da mudança didática.

Transferência à prática

Pela natureza acadêmica deste documento, sua aplicação na prática educativa é direta, no sentido de que aborda diversos modelos de formação de professores, em particular para fundamentar aqueles que propõem mudanças em cosmovisões, concepções, atitudes e práticas para o ensino das ciências. Por outra parte, considera a articulação destes modelos com pesquisas sobre pressupostos culturais para assumir a prática educativa dos professores como uma atividade profissional com efeitos sociais.

Introducción¹

Uno de los factores que más han contribuido a la investigación sobre formación de profesores, 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-Pérez, 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. La formación del profesorado de ciencias debe tener en cuenta estudios rigurosos para reconocer e intervenir sobre características propias de las concepciones, las actitudes, los valores y los esquemas de acción del profesorado que, en general, se podría 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. 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 vemos el aprendizaje de la Didáctica de las Ciencias por parte de los profesores como un cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico, aplicado a la enseñanza, es decir, entendido en general como un cambio didáctico (Furió-Mas, 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 qué 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 en el *Handbook*, editado por Dorothy Gabel (1994), el capítulo *Research on Science Teaching Education* hace referencia a investigaciones sobre la formación del profesorado de ciencias; igualmente, en el editado por Barry Fraser y Kenneth G. Tobin bajo el título *International Handbook of Science Education* (1998), se encuentra el apartado *Teacher development in science 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 Francisco Javier Perales-Palacios y Pedro Cañal de León (2000), Rafael Porlán-Ariza, Ana Rivero-García y Rosa Martín del Pozo abordan aspectos importantes en la actualidad relacionados con investigaciones en formación de profesores; así mismo, en las memorias del segundo congreso de la European Science Education Research Association, ESERA (Behrendt, Dahncke, Duit, Komorek, Kross & Reiska, 2001), hay un capítulo especial dedicado a temas sobre Teacher conceptions. Igual

Descripción del artículo | Article description | Description de l'article | Artigo descrição

Este artículo de reflexión se deriva de la investigación doctoral del autor, titulada *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química*, leída en la Universidad de Valencia, España, y en la Lección Inaugural presentada en mayo de 2010 en el programa de Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Universidad Pedagógica Nacional y Universidad del Valle, Colombia.

¹ El contenido de este artículo hace parte de la tesis doctoral del autor. Mosquera, C. J. (2008). *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, Valencia, España.

situación se encuentra en el *Handbook of Research on Science Education*, de Sandra K. Abell y Norman G. Lederman (2007).

El desarrollo de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo de conocimiento ha evidenciado paulatinamente que hoy ya se encuentran en desarrollo nuevos modelos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, los cuales emergen como alternativas a los modelos convencionales y 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 Marcia C. Linn (1987), Richard A. Duschl y Drew H. Gitomer (1991), María Pilar Jiménez-Aleixandre y Neus Sanmartí (1997), Rafael Porlán-Ariza (1998) y Daniel Gil-Pérez, Jaime Carrascosa, Carles Furió-Mas y Joaquín Martínez-Torregrosa (1991), todo ello apunta a la necesidad de desarrollar y evaluar nuevos métodos de formación del profesorado de ciencias.

Desde entonces, autores como Carles Furió-Mas y Daniel Gil-Pérez (1989) hacen referencia al estudio de las concepciones científicas y didácticas del profesorado y su papel en la formación inicial y permanente. Rafael Porlán-Ariza (1998) también hace referencia a la necesidad de diseñar y experimentar propuestas de formación del profesorado, al explorar los avances en nuevos modelos didácticos, de forma tal que desde su experiencia docente propongan hipótesis curriculares que puedan superar los problemas que plantea el modelo *tradicional* de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Hugh Munby y Tom Russell (1998) hablan de la importancia de la investigación en formación del profesorado de ciencias, entendida esta como la construcción de un conjunto de conocimientos bases para enseñar; de igual forma, Rafael Porlán-Ariza y Ana Rivero-García (1998) se refieren a la formación del profesorado de ciencias con base en el conocimiento profesional del profesor. En términos similares, Mercè Izquierdo (1999) se interesa por el conocimiento profesional del profesor de ciencias y autores como William C. Kyle Jr., Marcia C. Linn, Betty L. Bitner, Carole P. Mitchener y Bruce Perry (1991) y Vicente Mellado-Jiménez y Teodoro González-Bravo (2000) refuerzan la idea de la formación del profesor con base 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 consideraban 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-Pérez, Carrascosa & Martínez-Terrades, 1999).

Por otra parte, las investigaciones en psicología educativa trazaban propuestas para la solución de problemas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, lo que llevaba a olvidar los propios conocimientos que se enseñan para la solución de esos problemas. Lee S. 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 reconoció años más tarde, no era posible hablar de problemas de aprendizaje “generales” para ser solucionados con estrategias generales. Los propios resultados de la investigación en psicología educativa refutaron 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. A 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*, comienza a emerger un cuerpo disciplinar que hoy consideramos como la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Desde aquella época, es posible caracterizar un período que, como menciona Carles Furió-Mas (2001), corresponde a la “época prodigiosa”, cuando la Didáctica de las Ciencias se caracteriza como un cuerpo preparadigmático, en el cual adquiere un protagonismo importante el denominado *movimiento de las concepciones alternativas*.

Algunos hitos en la historia del desarrollo teórico sobre la formación de profesores de ciencias

Desde 1994, con el primer *Handbook* específico en investigación en Didáctica de las Ciencias, editado por Dorothy Gabel, comienza un período 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 epistemológicos, conceptuales y metodológicos que mínimamente deben aprender los estudiantes en educación en ciencias en todos los niveles, y todos aquellos saberes y prácticas que debemos conocer y desarrollar 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 & Gitomer, 1991; Fraser, 1998; Furió-Mas, Vilches, Guisasola & Romo, 2000).

Estas necesidades conceptuales han requerido reconocer el 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. De otra parte, el reconocimiento de ese cuerpo teórico no puede limitarse a la simple

ilustración de 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, esos conocimientos han de ser contruidos significativamente por ellos mismos, al replicar experiencias innovadoras e incorporar 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. Suponemos que la contrastación personal y consciente por parte de los profesores de ciencias sobre estas grandes vertientes educativas, habrá de fortalecer desarrollos y reestructuraciones profundas hasta alcanzar los cambios didácticos esperados.

Bien vale la pena reflexionar, así sea someramente, sobre el recorrido histórico —al tiempo que se ha desarrollado— del campo de conocimientos de la Didáctica de las ciencias, la línea de investigación en formación de profesores. Como primera aproximación, 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, aparecen 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 acerca de la enseñanza, pues la noción empleada por entonces correspondía a la instrucción que informaba directamente en el aula acerca de los contenidos conceptuales de la ciencia (Dewey, 1945). Este autor publicó el artículo *Methods in science teaching* con esta crítica en la revista *Science Education* creada en 1916. Otros problemas evidentes en el campo de la educación científica tienen qué ver con la aparición y reporte de las primeras investigaciones que se presentaron en la revista *Science Education*.

Edgar W. Jenkins (2001) muestra cómo en el mundo anglosajón la primera noción de investigación en Didáctica de las Ciencias es bastante antigua, pues según este autor, desde 1926, Francis D. Curtis ya mostraba cómo la investigación en educación científica era una estructura sistemática que definía e investigaba problemas relacionados con el aprendizaje y la instrucción en ciencias. En la primera mitad del siglo XX, se reportaron los primeros intentos por solucionar problemas generales asociados con el fracaso escolar de los estudiantes; se trataba no solo de problemas asociados a la educación científica, sino también a problemas que intentan 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 intentaba explicar básicamente cómo se produce el aprendizaje en el aula (Coll, 1988). Junto con estas investigaciones, apareció el gran movimiento de la *tecnología educativa*, desde el cual se previeron explícitamente modos sistemáticos para orientar actividades de enseñanza por objetivos. 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 resolver en problemas posteriores por medio de la educación científica.

Producto de estos intentos de consolidación teórica de la educación científica, se generó en la década de los 50 una crisis disciplinar cuando la comunidad de profesores de ciencias inició una reflexión sobre los objetivos, los contenidos y los métodos habituales empleados en la enseñanza y

el aprendizaje de las ciencias. Las primeras preguntas que aparecen al respecto se dirigieron al qué enseñar, si preferiblemente debería darse énfasis a los contenidos de orden conceptual o debería hacerse más énfasis en los procesos. Diferentes eventos científicos, políticos y económicos 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; a este desarrollo también contribuyó la necesidad creciente de conseguir cada vez más mano de obra calificada científicamente en un mundo en el que la ciencia y la tecnología empezaban a aparecer como necesarias y fundamentales para el desarrollo de las sociedades. Como consecuencia, comenzaron a presentarse eventos académicos especializados en los cuales psicólogos, pedagogos y profesores de diferentes disciplinas hicieron reflexiones críticas sobre los contenidos, las metodologías y los currículos de ciencias desarrollados hasta entonces. Empezó también a estudiarse todo lo que tenía qué 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, Joseph J. Schwab y William Rainey Harper (1970) recomendaban 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 inductivista que más adelante se intentó considerar como obstáculo para el desarrollo de nuevas orientaciones didácticas basadas en estudios filosóficos diferentes. En efecto, reconocidos psicólogos como George 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 denominó *Teoría de los constructos personales*, TCP.

Como consecuencia de las discusiones sobre la decisión de enseñar preferentemente contenidos o métodos y de las discusiones sobre los alcances y las problemáticas asociadas con estructuras propias de la tecnología educativa, se fortalece primero el modelo de enseñanza de las ciencias por *transmisión de conocimientos ya elaborados*, de manera que el papel de los estudiantes se redujo de nuevo a la asimilación y la 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 David P. Ausubel (1968, p. 114) afirmó: "con la reconsideración del modelo de enseñanza de las ciencias por

transmisión de conocimientos elaborados, no se logran resultados prometedores en cuanto al aprendizaje de contenidos y menos aún, de habilidades científicas".

Todo ello condujo a que desde mediados de la década de los 60, se fortaleció 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 los veinte años que predominó produjo una acumulación de innovaciones curriculares sin precedentes (Gil-Pérez, 1997). Producto del movimiento de aprendizaje por descubrimiento aparecen proyectos curriculares como el Chemistry Studies, el Physics Studies, el Physical 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 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 de 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 los 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* sobre los contenidos; estos últimos se consideraban como 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.

Diversas investigaciones actuales en Didáctica de las Ciencias coinciden en afirmar que este modelo terminó por reforzar en profesores, estudiantes

y delineadores de currículos, las 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 a la emergencia del modelo de enseñanza y aprendizaje por *recepción significativa*.

En la década de los 80, este movimiento en general favoreció un desarrollo importante que, como indica Daniel Gil-Pérez (1994), permitió que la Didáctica de las Ciencias pasara de tener un estatus preparadigmático a adquirir rasgos propios de una nueva disciplina. La situación preparadigmática de la Didáctica de las Ciencias se conformó a partir de diferentes investigaciones que lograron reconocer aspectos nacientes que fueron consolidando la educación científica como un auténtico paradigma en educación e investigación educativa.

De hecho, como se presentaba en *Science Education* hacia mediados de la década de los 80, los investigadores en educación científica señalaban la urgencia de apoyar investigaciones en paradigmas teóricos exitosos. La necesidad de la fundamentación teórica también estaba apoyada por la preocupación en aquella época de identificar modelos de investigación propios en la investigación educativa. En la época de los 80, como reporta Carles Furió-Mas (2001), había por lo menos cuatro orientaciones básicas en cuanto a paradigmas derivados de las investigaciones psicoeducativas y que interpretaban de manera distinta el proceso de aprendizaje. Según Carles Furió-Mas (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, 1977; Gagné & Briggs, 1974).

Así pues, a partir de este paradigma era evidente la coexistencia de distintas versiones paradigmáticas de la psicología cognitiva. Una de ellas generó 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 D. Bob Gowin (1981). Con la teoría del aprendizaje significativo de David P. Ausubel (1968), se fortaleció la discusión teórica en educación científica que, a la postre, llevó también al análisis crítico del modelo de *aprendizaje por descubrimiento*. Se consolidó 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 & Hanesian, 1976).

Desde el punto de vista de David P. Ausubel (1968), se cuestionaba el "aprendizaje por descubrimiento" y se muestra 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 esos 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.

No obstante 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 & 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, estos deben ser "captados" por los estudiantes (Martínez-Terrades, 1998). Otra crítica a este modelo surgió en el sentido de que los trabajos prácticos y la resolución de problemas juegan un simple papel de ilustración y manipulación, por lo que se reduce 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 psicoeducativos por mejorar el aprendizaje de las ciencias fue reconocido por los propios expertos en los temas de psicología educativa (Carretero, 1987; Pozo, 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 es posible encontrar leyes de aprendizaje que sean generales para cualquier contenido; por el contrario, estas más bien son 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 reconocieron fuertemente las tesis doctorales elaboradas por Rosalind Pope Driver (1973) y Laurence Viennot (1976); en este paradigma, la metodología de investigación utilizada fue de naturaleza *antropológica y naturalista*.

Este paradigma, ya con claras inclinaciones positivas hacia la epistemología constructivista en la educación, intentó marcar importantes diferencias con

los demás paradigmas con los que competía. John K. Gilbert y David J. Swift (1985) justificaron con argumentos 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 Kenneth A. Strike y George J. 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, se supportaron en principios de la psicología y abrieron paso a la elaboración de tendencias de naturaleza constructivista, fueron los siguientes:

1. El paradigma asociacionista centrado en la taxonomía de objetivos de aprendizaje (Bloom, Hastings & Madaus, 1975) y basado en la estrategia del desarrollo de destrezas de aprendizaje, según Robert M. Gagné.
2. Este paradigma abrió las puertas a la generación de un segundo paradigma que se basa en la concepción del aprendizaje significativo y desarrolla estrategias que David P. Ausubel fundamenta 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 proceso de información utilizando la metáfora de la mente como un ordenador.
3. El tercer paradigma se apoya en los principios de la epistemología genética desarrollado por Jean Piaget [1896-1980] (1999 [1947]) y sugiere el desarrollo de operaciones formales como alternativa para la apropiación de conceptos y teorías científicas de mayor nivel de rigurosidad.
4. El cuarto paradigma corresponde al *movimiento de las concepciones alternativas*, que empieza a explicitar 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 se puede decir que el comienzo de la década de los 80 marca una época en la que la Didáctica de las Ciencias se encuentra en una situación preparadigmática; se comienza a conjugar 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.

Cuando empiezan a considerarse aspectos relacionados con el papel activo por parte del estudiante en la construcción de sus propios conocimientos, se habla realmente de los inicios conceptuales de un modelo *constructivista* en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias. La noción de constructivismo como corriente de pensamiento contemporáneo, ha impactado en diferentes ámbitos, en especial en la psicología, en la epistemología y en la didáctica. En la psicología, al ofrecer 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, hay 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, p. 55). Estas tesis, desarrolladas por varios autores desde comienzos del siglo XX y hasta la actualidad, se oponen a las posturas empiristas y positivistas sobre el conocimiento científico que suponen que el conocimiento va desde fuera hacia dentro del sujeto, es decir, que la realidad existe *per se* y que, 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, el cual es posible en la medida que se desarrollen cambios y recontextualizaciones entre las ideas previas y las nuevas ideas 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

La investigación en educación científica ha venido resaltando en el ámbito de la formación de profesores, 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 (Bell, 1998; Gil-Pérez, 1991).

El reconocimiento de la epistemología docente 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 ha de permitir el logro de reestructuraciones didácticas débiles o fuertes y en general, 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.

Jesús Carnicer y Carles Furió-Mas (2002) muestran cómo la investigación que se ha hecho sobre la epistemología personal docente, ha sido documentada por Rafael Porlán-Ariza (1989) desde perspectivas del desarrollo de hipótesis de progresión teórica; según estos autores, hoy se sigue careciendo de un significado claro de lo que se podría denominar *epistemología docente*. Fundamentan su apreciación sobre el principio de la dispersión terminológica que existe sobre 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, en especial 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. Carol 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 se originan estas.

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

Al examinar estas diferentes posturas, Jesús Carnicer y Carles Furió-Mas (2002) demuestran cómo unos y otros diferencian el pensamiento del profesor de la acción educativa y en consecuencia, sugieren que es lógico plantear como problemas de investigación en formación de profesores, las relaciones entre la *epistemología personal docente* y la *práctica personal docente*. En tal sentido, hay 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. Kenneth G. Tobin y Mariona Espinet (1989) describen algunas investigaciones por estudios de casos, en las cuales dos profesores investigados creían que *la ciencia es un conjunto de verdades que hay que trasvasar a la mente de los estudiantes*, sin tener en cuenta el carácter hipotético del conocimiento científico, lo que muestra de alguna manera relaciones entre una concepción de la epistemología docente y ciertos modelos de enseñanza estrictamente transmisivos.

Sin embargo, también se encuentran otros trabajos como los elaborados por Derek Hodson (1993), que 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 esa epistemología.

Kenneth G. Tobin, Deborah J. Tippins y Karl Hook (1993) estudiaron las relaciones entre la epistemología y la práctica docente de un profesor tutorado que manifiesta creencias de naturaleza objetivista acerca del conocimiento científico, es decir, concibe estos conocimientos como verdades a las que tenemos acceso los seres humanos por medio de la acción científica. El trabajo desarrollado por estos autores 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. Este caso es un ejemplo de otro modelo de trabajo en el cual se logran transformaciones conceptuales, es decir, de la epistemología docente, pero no de la práctica docente.

Los autores han interpretado este hecho al diferenciar la *epistemología personal* del profesor de la *epistemología en la acción*, al hacer referencia a que la primera es un conjunto de esquemas mentales que realmente guían la acción del profesor en el aula. Kenneth G. Tobin, Deborah J. Tippins y Karl Hook (1993) también 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 Investigación y Renovación Escolar, IRES, de la Universidad de Sevilla, ha propuesto algunos modelos epistemológicos docentes que a título de hipótesis de progresión vendrían a constituir cuatro niveles de formulación del conocimiento profesional, en particular en los trabajos desarrollados por Rafael Porlán-Ariza, Ana Rivero-García y Rosa Martín del Pozo (1997 y 1998); otros trabajos de este mismo grupo de investigación han identificado algunos obstáculos que, en relación con el conocimiento profesional, pueden presentar las percepciones más habituales entre los profesores (Porlán, Rivero & Martín del Pozo, 1997).

Jesús Carnicer y Carles Furió-Mas (2002) replantean 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. Estos autores asumen que al referirnos a la idea de epistemología docente, hemos de referirnos a 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 los trabajos desarrollados por el autor de esta reflexión (Mosquera, 2008), se considera 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 por 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, fundamentada en el trabajo de Ronald D. Simpson, Thomas R. Koballa, Jr., J. Steve Oliver y Frank E. Crawley III (1994), las últimas tres componentes citadas (cognitiva, conativa y valorativa) conforman una más global: la *componente actitudinal* que junto con la conceptual y con 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 sobre la naturaleza del conocimiento científico consolida lo que para los efectos de este trabajo se denomina la *epistemología docente*, que está directamente anclada con la componente metodológica expresada en la *práctica docente*.

Volviendo al estudio de las concepciones científicas del profesorado, según Rafael Porlán-Ariza (1998), en el contexto de la Didáctica de las Ciencias se prestaba 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 acerca de las concepciones de los profesores. Entre ellos 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, por último, los que procuran identificar relaciones entre el conocimiento y su construcción y transmisión en el contexto escolar, lo que Rafael Porlán-Ariza (1989) y Maureen Pope y Eileen Scott (1983) llaman la epistemología de lo escolar.

Varios autores, como Maureen Pope y John K. Gilbert (1983), Norman G. Lederman (1992) y Vasilios Koulaidis y Jon Ogborn (1995), hacen referencia a cómo los profesores transmiten una imagen deformada del conocimiento del trabajo científico, imagen muy distante a los aportes recientes de la epistemología de la ciencia y cuya problemática, en consecuencia, debe ser 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 les dedica especial atención a estos aspectos a lo largo de su proceso de formación tanto inicial como continuada. En general, estos mitos habituales dados cotidianamente conciben 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 sobre este aspecto por Joseph C. Cotham y Edward L. Smith (1991) se desarrolló el *Conceptions of Scientific priorities test*, cuestionario que consta 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 *realismo e instrumentalismo*; para el caso de la génesis, la relación entre *inductivismo e invención*; para el caso de la elección de teorías, la relación entre *objetivismo y subjetivismo*; y para el caso de la comprobación de teorías, la relación entre *tentativismo y conclusionismo*.

Los datos obtenidos señalan que los profesores terminan 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, Norman G. 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, el trabajo de Vasilios Koulaidis y Jon Ogborn (1989) encuentra evidencias de otros puntos de vista sobre el conocimiento científico que constituyen una cierta evolución desde una imagen empiro-inductivista hacia planteamientos más contextualizados.

En este estudio, Vasilios Koulaidis y Jon Ogborn (1989) trabajaron con una muestra de doce profesores de ciencias y con once estudiantes para profesores de ciencias. Los tipos de respuestas conducen 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 hay una marcada tendencia hacia una de estas posturas. De todas maneras, los puntos de vista que más se han podido identificar tienen qué ver con los profesores que mantienen una posición *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 clasifica a los profesores dentro de lo que Vasilios Koulaidis y Jon Ogborn (1985) denominan *contextualismo metodológico*, que se asocia con una postura racionalista indecisa respecto al estatus del conocimiento científico, aunque se identifica la tendencia a adoptar una postura *contextualista-relativista* para explicar los cambios en ese conocimiento; esta investigación encuentra un predominio principal de enfoques *absolutistas* y *positivistas* y que, definitivamente, es necesario considerar estos enfoques 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

El trabajo *Epistemology and context in research on learning to teach science*, de Hugh Munby y Tom Russell (1998), desarrollado en el *International Handbook of Science Education*, resalta 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. 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 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 Rafael Porlán-Ariza (1998) y por Daniel Gil-Pérez, Alís Carrascosa y Francisco Martínez-Terrades (1999) hacen referencia al interés reciente en los procesos de formación de profesores en lo que tiene que ver con el “aprendizaje significativo de enseñar ciencia”, que no es otra cosa que el ámbito propio específico de lo que hoy 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, explicitan 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 las esperadas 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*.

El desarrollo profesional antes sugerido (Mosquera & Furió, 2008) busca por la vía del *cambio didáctico* —el cual se entiende como cambio en concepciones, en actitudes y en esquemas de acción del profesorado— modificaciones que van desde 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 de manera internalista y por tanto sobre la reflexión consciente del profesor, implica cambios en la forma de pensar, de sentir y de actuar con los cuales podrían solucionarse problemas y aportar 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 mediante la impregnación ambiental que el profesor ha apropiado a lo largo de su vida como estudiante y que después como profesor mediatiza con actitudes y comportamientos explícitos en el aula de clase; esta epistemología personal docente, en muchos casos puede constituir un obstáculo a cambios didácticos esperados pero también puede considerarse como una oportunidad de desarrollo que puede justificar y de alguna manera fundamentar nuevas construcciones didácticas tal como lo expresan Kenneth G. Tobin y Mariona Espinet (1989) y Mario Carretero y Margarita Limón (1996). Podría afirmarse que los 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 este 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 más bien 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 (Murillo-Esteva, 2003; Zabala, 2003).

De hecho, los cambios didácticos manifestados en modificaciones tanto en la epistemología personal docente como en la práctica docente, 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, que considera la necesidad de cambios de naturaleza conceptual, metodológica y actitudinal, para 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.

El nivel conceptual en las concepciones de los profesores le 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. 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, los programas de formación del profesorado para propiciar cambios didácticos que no involucren componentes conceptuales, actitudinales y metodológicos de manera simultánea, relacionada y coherente son impensables.

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, se trata no 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 vive en su práctica docente.

La preponderancia de 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 práctica profesional fundamentada en conocimientos y prácticas coherentes 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 entregando resultados prometedores que podrían sentar bases para la obtención de mejo-

res 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, promueve el desarrollo de epistemologías y prácticas docentes coherentes con los resultados de la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias.

Por último, habría que decir que modelos de formación de esta naturaleza podrían favorecer esquemas de actuación dinámicos que estimulan 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 más bien 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 interesar a los profesores si se favorecen reflexiones conscientes, críticas y analíticas acerca de la necesidad de construir nuevos cuerpos teóricos que ayuden a interpretar de otra manera la actividad científica, la naturaleza de la ciencia y la metodología de investigación científica. Como se ha apreciado a lo largo de esta investigación, 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 favorecen los 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; 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 y por las instituciones educativas y, muchas veces, reforzados por las propias políticas públicas en educación y por las tradiciones educativas de nuestras sociedades.

Este "espectro de conocimientos" antes citado, podría resultar desalentador para un profesor, pero si se lo mira en positivo, puede que referirnos a la "maraña de conocimientos didácticos" carezca de sentido, pues de hecho cualquier estudio en torno a la episte-

mología 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 en forma aislada. Al igual que sucede con los retos que plantea la investigación científica, un experto no necesariamente debe poseer todo el conjunto de conocimientos y de 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: es posible superar el reto 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 esa actividad se desarrolla en el contexto de colectivos docentes que trabajan colaborativamente.

Con el desarrollo actual y vertiginoso de la Didáctica de las Ciencias, es necesario que el trabajo docente deje de ser considerado como actividades aisladas y repetitivas, que escasamente requieren cuerpos teóricos especializados. Como se puede derivar de la presente memoria y de otros trabajos precedentes, hoy es importante que los profesores de ciencias tomemos conciencia de que nuestra actividad docente corresponde a una actividad teóricamente fundamentada, lo cual requiere el 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 por la asimilación de nuevas rutinas o técnicas. Se trata 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 o de conocimientos arraigados culturalmente.

El modelo de Celeste Y. M. Yuen (2009), basado en la sensibilidad intercultural, ha servido de fundamento para incluir perspectivas contextuales en la discusión sobre las concepciones de los profesores. El aporte principal de este trabajo tiene que ver con cómo orientar la formación de profesores hacia el desarrollo intercultural. De acuerdo con Celeste Y. M. Yuen, "la esencia de una articulación entre una educación intercultural y la enseñanza, depende de la calidad

y la adecuación de la supervisión y la interacción entre tutores y pupilos. El yo que regula el aprendizaje activo, podría promover una actitud de respeto y tomar seriamente lo étnico-cultural y la diversidad cultural, así como las habilidades y competencias necesarias para la enseñanza real" (2009, p. 9).

Este modelo incluye aspectos como la conciencia, las actitudes, la sensibilidad y el comportamiento del profesorado, que deben ser considerados en procesos de formación de profesores. Así, se aprecia la necesidad por la generación de una conciencia intercultural en los profesores en formación en la perspectiva del desarrollo de las actividades de la actitud de respeto y seriedad de la diversidad cultural asumiendo lo asociado a un conocimiento del profesor. De otra parte, se considera el reconocimiento de la sensibilidad intercultural, a partir del Inventario de Desarrollo Intercultural, IDI, y de examinar factores demográficos asociados al Modelo de Desarrollo de la Sensibilidad Intercultural, MDSI. En términos generales, el IDI explora visiones de mundo asociados con el nivel de sensibilidad hacia lo intercultural, a saber:

- ✓ Negación/defensa que implica simplificación o negación de las diferencias culturales.
- ✓ Yo revertido en el *tú*, cambia el orden etnocéntrico de la sociedad, en relación con el otro, anteponiendo el pensamiento del otro sobre el propio, en el cual se revierte la polarización de "nosotros" y "ellos", donde "ellos" tienen un estatus superior.
- ✓ Minimización: se enfoca en una perspectiva universalista y prioriza los aspectos comunes para todos los estudiantes en los procesos educativos.
- ✓ Aceptación/adaptación: se observa comprensión de las complejas diferencias culturales y se logra una acomodación a las mismas.
- ✓ Marginalidad encapsulada: se incorpora la identidad multicultural con (en) las perspectivas confusas de la cultura.

En síntesis, la investigación en didácticas de los conocimientos ha venido consolidando modelos teóricos de formación inicial y continuada de profesores que sin duda aportan a la organización curricular de esos programas. El fundamento y el uso que de ellos se haga, dependen en buena medida de las orientaciones institucionales de las facultades de educación o de las unidades académicas dedicadas a la educación desde las cuales emergen y se desarrollan estos programas, de su compromiso con la profesionalización de las prácticas educativas y del impacto cultural y social que se espera lograr a partir de la formación de profesores que asumen, vivencian y ponen en escena sus prácticas como actividad de consolidación cultural orientada por profesionales de la educación.

Sobre el autor

Carlos Javier Mosquera-Suárez es licenciado en Química, magister en Docencia de la Química, magister en Didáctica de las Ciencias Experimentales y doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Profesor titular, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, programa de Doctorado en Educación, énfasis en Educación en Ciencias. Director del Grupo de Investigación en Didáctica de la Química, DIDAQUIM.

Referencias

- Abell, S. K. & 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: Díada 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. & Hanesian, H. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Behrendt, H., Dahncke, H., Duit, R., Graber, W., Komerrek, M., Kross, A. & Reiska, E. (2001). *Research in science education: past, present and future*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bell, B. (1998). Teacher development in science education. En Barry Fraser & Kenneth G. Tobin (eds). *International Handbook of Science Education*, 681-693. London: Kluwer Academic Publishers.
- Bloom, B., Hastings, T. & Madaus, G. (1975). *Evaluación del aprendizaje*. Buenos Aires: Troquel.
- 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. & Furió-Mas, C. (2002). La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio. *Investigación en la Escuela*, 47, 33-52.
- Carretero, M. (1987). Prólogo. En Juan Ignacio Pozo, *El aprendizaje de las ciencias y el pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- Carretero, M. & Limón, M. (1996) Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica. En María José Rodrigo & José 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. & Smith, E. L. (1981). Development and validation of the conceptions of Scientifics Theo-

ries Test. *Journal of Research in Science Teaching, JRST*, 18 (5), 387-396.

- Curtis, F. D. (1926). *A Digest of Investigations in the Teaching of Science*. Philadelphia: Blakiston & Co. Inc.
- Dewey, J. (1945). Methods in science teaching. *Science Education*, 29, 119-123.
- Driver, R. P. (1973). *The representations of conceptual frameworks in young adolescents science students*. Tesis Doctoral. University of Illinois. Urbana, Illinois.
- Duschl, R. & Gitomer, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implication for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching, JRST*, 28 (9), 839-858.
- Fraser, B. J. (1998). Science learning environments: assessment, effects and determinants. En Barry Fraser & Kenneth G. Tobin (eds). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Fraser, B. & Tobin, K. G. (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publisher.
- Furió-Mas, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 188-199. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21357/93312>
- Furió-Mas, C. (2001). *Proyecto docente: didáctica de las ciencias experimentales*. Valencia: Universitat de València – Estudi General.
- Furió-Mas, C. & Gil-Pérez, 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. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/51272/93017>
- Furió-Mas, C., Vilches, A., Guisasola, J. & 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.
- Gagné, R. M. (1977). *Conditions of learning*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Gagné, R. M. & Briggs, L. J. (1974). *Principles of instructional design*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Gil-Pérez, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? Intento de síntesis de las aportaciones de la investigación didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 69-77. Disponible en: <http://www.cneq.unam.mx/>

- cursos_diplomados/diplomados/anteriores/medio_superior/qr/03_mat/construc/que_hemos_de_saber.pdf
- Gil-Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 154-164. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21355/93310>
- Gil-Pérez, D. (1997). *Proyecto docente*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Gil-Pérez, D., Carrascosa, J. & Martínez-Terrades, F. (1999). *La didáctica de las ciencias: una disciplina emergente y un campo específico de investigación*. Valencia: Universitat de València.
- Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., Furió-Mas, C. & Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Gilbert, J. K. & Swift, D. J. (1985). Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69 (5), 681-696.
- Gowin, D. B. (1981). *Educating*. Ithaca, New York, Cornell University Press.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12 (1), 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.
- Izquierdo, M. (1999). Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra.
- Jenkins, E. (2001). Science Education as a field of research. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1 (1), 9-21.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. & Sanmartí, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: Objetivos y contenidos en la educación secundaria. En Luis 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.
- Koulaidis, V. & 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. & Perry, B. (1991). The role of research in Science Teaching: an NSTA [National Science Teachers Association] 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, JRST*, 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, JRST*, 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-Jiménez, V. & González-Bravo, T. (2000). La formación inicial del profesorado de ciencias. En Francisco Javier Perales-Palacios & Pedro Cañal de León (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales*, 535-555. Alcoy: 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. & Furió-Mas, 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. & Russell, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. En Barry Fraser & Kenneth G. Tobin (eds). *International Handbook of Science Education*, 643-666. London: Kluwer Academic Publishers.
- Murillo-Esteba, P. (2003). Formas de entender el aprendizaje de los estudiantes universitarios: Teorías y Modelos del aprendizaje adulto. En Cristina Mayor-Ruiz (coord.). *Enseñanza y aprendizaje en la educación superior*. Barcelona: Octaedro, Ediciones Universitat de Barcelona, EUB.
- Oliver, S. & 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-Palacios, F. J. & Cañal de León, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Pérez-Gómez, Á. I. (1978). *Las fronteras de la educación. Epistemología y ciencias de la educación*. Madrid: Zero.
- Piaget, J. (1999 [1947]). *La psicología de la inteligencia*. Madrid: Psique.
- Pope, M. L. & Gilbert, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, 67 (2), 193-203.
- Pope, M. L. & Scott, E. M. (1983). Teacher's epistemology and practice. En Rob Halkes & John K. Olson. *Teacher thinking: a new perspective on persisting problems in education*, 259-275. Amsterdam-Lisse, Holland: Swets & Zeitlinger.

- Porlán-Ariza, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- Porlán-Ariza, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 175-185. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/83243/108226>
- Porlán-Ariza, R. & Rivero-García, A. (1998). *La construcción del conocimiento profesional deseable*. Sevilla: Díada.
- Porlán-Ariza, R., Rivero-García, A. & 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. Disponible en: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v15n2p155.pdf>
- Porlán-Ariza, R., Rivero-García, A. & 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. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21534/21368>
- Porlán-Ariza, R., Rivero-García, A. & Martín del Pozo, R. (2000). El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. En Francisco Javier Perales-Palacios & Pedro Cañal de León (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 363-388. Alcoy: Marfil.
- Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. & Gómez-Crespo, M. A. (1997) ¿Qué es lo que hace difícil la comprensión de la ciencia? Algunas explicaciones y propuestas para la enseñanza. En Luis del Carmen (coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Schwab, J. J. & Harper, W. R. (1970). *The practical: a language for curriculum*. Washington: National Education Association. Disponible en: <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED038332.pdf>
- Shulman, L. S. (1992). Renewing the pedagogy of teacher education: the impact of subject-specific conceptions of teaching. En María Lourdes Montero-Mesa & José Manuel Vez (eds.). *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela: Tórculo.
- Simpson, R. D., Koballa, T. R., Jr., Oliver, J. S. & Crawley, F. E., III (1994). Research on the affective dimension of science learning. En Dorothy Gabel (ed). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 211-236. New York: MacMillan Pub.
- Strike, K. & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En Richard A. Duschl & Hamilton, R. (eds.). *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*, 147-176. Albany, New York: State University of New York, SUNY.
- Tobin, K. G., Tippins, D. & Hook, K. (1993). *The long hard road from objectivism to constructivism*. Paper presented at the annual meeting of the Second International Conference of the History and Philosophy of Science Teaching Conference.
- Tobin, K. G. & Espinet, M. (1989). Impediments to change: applications of coaching in high school science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching, JRST*, 26 (2), 105-120.
- Viennot, L. (1976). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Tesis doctoral. Université Paris 7. Paris (1979, Paris: Herman).
- Yuen, C. Y. (2009). Dimensions of diversity: Challenges to secondary school teachers with implications for intercultural teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 1-10.
- Zabalza-Beraza, M. A. (2003). *Competencias docentes del profesorado universitario. Calidad y desarrollo profesional*. Madrid: Narcea.