

EL CAMBIO DIDÁCTICO Y EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS PROFESIONALES DOCENTES EN PROFESORES UNIVERSITARIOS DE QUÍMICA

Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez
emosquerasuarez@gmail.com

RESUMEN

En este artículo se desarrollan argumentaciones teóricas que dan cuenta de la naturaleza de cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales de los profesores hacia la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y la evaluación, los cuales se conciben como cambios didácticos. Se asume el modelo de formación de profesores por cambio didáctico entendido como recontextualizaciones en conocimientos, pensamientos, sentimientos y actuaciones apoyado en la hipótesis de la independencia o de las implicaciones del conocimiento según los contextos. Se trata en definitiva de considerar la enseñanza de las ciencias para la emancipación cultural y científica en el contexto de la investigación en el aula para favorecer en profesores y estudiantes diversidad de perspectivas en torno a nuestras explicaciones sobre el mundo (natural y social). Ello implica el reconocimiento de nuestras formas propias de elaboración de conocimientos así como los de otras culturas.

ABSTRACT

CHANGE TRAINING AND SKILLS DEVELOPMENT PROFESSIONAL TEACHERS COLLEGE PROFESSORS CHEMISTRY

In this paper we develop theoretical arguments that account for the nature of conceptual, attitudinal and procedural teachers towards teaching, learning, curriculum and assessment, which are designed as educational changes. It assumes the teacher training model for educational change re contextualization treated as in knowledge, thoughts, feelings and actions supported the hypothesis of independence or of the implications of knowledge in different contexts. It is definitely to consider science education for scientific and cultural emancipation in the context of research in the classroom to support teachers and students in

Licenciado en Ciencias de la educación con especialidad en química, Doctorado en didáctica de las ciencias experimentales por UNIVERSITAT DE VALENCIA, España, actual Director del Doctorado en Ciencias de la Educación de UMECIT.

diverse perspectives on our explanations of the world (natural and social).

This involves recognizing our own forms of knowledge production and those of other cultures.

PALABRAS CLAVES

Desarrollo de competencias, docentes universitarios, enseñanza universitaria.

KEY WORDS

Skills development, university professors, university education.

Una de las líneas de investigación de interés en la Didáctica de las Ciencias Experimentales tiene que ver con la formación inicial y continuada de profesores de ciencias. Desde ella, una cuestión relevante es la reflexión argumentada sobre todo aquello que se considera significativo en relación con lo que han de saber y saber hacer los profesores de ciencias (Gil, 1991). El auge y la expansión de resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, nos llevan a considerar con toda atención la problemática asociada con la formación de los profesores de ciencias, pues es indudable que en ellos recae la puesta en práctica de dichos resultados. De hecho, poco conseguiríamos para la mejora de la enseñanza y por ende, para la formación de personas con mejores actitudes y conocimientos en ciencias, si no se conectan apropiadamente los resultados de la investigación en enseñanza de las ciencias con la práctica docente.

Las tesis constructivistas que fundamentan buena parte de la investigación y de la innovación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, consideran el aprendizaje de las ciencias como cambios, muchas veces radicales y fuertes, respecto a ideas, representaciones, actitudes y prácticas previas, referidas en el lenguaje y en los esquemas de acción utilizados. Consideramos en consecuencia, que el aprendizaje del cuerpo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias por parte del profesorado de ciencias sigue la misma ruta. De aquí la importancia por considerar las ideas docentes previas de los profesores como punto de partida para favorecer aprendizajes sobre la enseñanza de la ciencia entendidos como cambios didácticos.

Hoy es posible referirnos al desarrollo profesional del profesorado mediante la consolidación y puesta en práctica de competencias docentes (Zabalza, 2003), de igual forma, desde perspectivas constructivistas en Didáctica de las Ciencias, nos referimos al aprendizaje como cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales (Gil et al, 1991). El logro de competencias docentes, se asocia entonces con cambios conceptuales, actitudinales y procedimentales en los profesores de ciencias en relación con el conocimiento teórico y práctico elaborado desde la investigación en Didáctica de las Ciencias y que pueden considerarse en suma, como cambios didácticos. La comprensión del cambio didáctico ha implicado interesantes debates en la línea de investigación en formación de profesores de ciencias, planteándose las condiciones necesarias para su desarrollo desde la perspectiva de la epistemología docente y de su relación con la práctica docente (Bell, 1998; Carnicer y Furió, 2002; Tobin y Espinet, 1989; Briscoe, 1991; Porlán, 1989). La epistemología personal docente la componen por una parte, los aspectos conceptuales de las teorías sobre la ciencia y sobre la enseñanza de las ciencias y por otra, los aspectos actitudinales hacia las ciencias, hacia la enseñanza de las ciencias y hacia las implicaciones sociales de las ciencias (Pozo y Gómez Crespo, 2000). Simpson et al (1994) muestran cómo las actitudes conforman un plano cognitivo en tanto nos ayudan a comprender y a hacer explícitas nuestras ideas, creencias, valoraciones y posturas para tomar decisiones. En suma, la epistemología docente integra aspectos cognoscitivos sobre el conocimiento acerca de la enseñanza y del aprendizaje, y aspectos cognitivos sobre lo que creemos y valoramos al planificar y predisponernos a enseñar.

La epistemología docente interactúa de manera interdependiente con la práctica docente y ambos aspectos dan sentido a las competencias docentes que favorecen el desarrollo profesional de los profesores de ciencias. El continuo saber - saber hacer - hacer en los profesores de ciencias, tiene que ver en consecuencia con los aprendizajes sobre los aspectos conceptuales, actitudinales y metodológicos en la enseñanza de las ciencias. Un aprendizaje significativo y relevante en este caso acerca de la enseñanza de las ciencias, supone adecuadas relaciones entre lo que los profesores de ciencias sabemos, lo que creemos acerca de lo que sabemos, las decisiones que tomamos a partir de lo que sabemos y creemos, y lo que en la práctica efectivamente hacemos. En general, configuran el “ser” del docente. Como punto de partida para reconocer el cambio didáctico, debe considerarse y analizarse críticamente el pensamiento docente espontáneo de los profesores, pues al igual que los estudiantes, pensamos, sentimos y actuamos con ideas ya apropiadas (ideas previas). Por tanto es posible considerar un cierto paralelismo en la manera como

aprenden ciencias los alumnos y la manera como aprendemos los profesores los conocimientos conceptuales y prácticos relativos a la enseñanza de las ciencias.

Por tanto, desconocer los conocimientos y las prácticas docentes previas, puede constituirse en obstáculos para el desarrollo de cambios didácticos. Si el desarrollo de competencias científicas es posible a través del cambio conceptual, actitudinal y procedimental de quienes aprenden ciencias, es lógico suponer que el desarrollo de competencias profesionales docentes se ve favorecido cuando se propician cambios didácticos respecto a concepciones y prácticas habituales de sentido común sobre la docencia. Aún se encuentra un número alto de profesores, especialmente aquellos encargados de la formación inicial de profesores de ciencias, que no han incursionado explícitamente en el campo de la Didáctica de las Ciencias, pues su formación inicial ha estado prácticamente centrada en la formación en Ciencias (Mosquera, 2001). Sin embargo, tal y como lo refieren Garrett et al (1990), a pesar que los profesores no posean conocimientos didácticos explícitamente elaborados, no debemos olvidar la experiencia que desde su vivencia como estudiantes han adquirido, así como su propia experiencia empírica docente. Por ello, no es posible pasar por alto la urgente necesidad de una formación inicial y continuada de profesores de ciencias que aproxime a los resultados de la investigación actual en Didáctica de las Ciencias, aprendiendo sobre este nuevo campo de conocimientos como precisamente el propio campo viene suponiendo ha de ser la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.

Una idea espontánea de los profesores de ciencias bastante extendida y bien caracterizada por investigaciones precedentes se evidencia en la suposición que enseñar es fácil (Mosquera, 2001). Con ello queda demostrado que en su inmensa mayoría, los profesores de ciencias desconocen los avances recientes logrados en la investigación en Didáctica de las Ciencias y concretamente los del campo específico de la formación docente. En sentido positivo, vemos cómo la línea de investigación en formación de profesores puede aportar sensiblemente al desarrollo de una educación científica para todas y todos (Furió, Vilches, Guisasola y Romo, 2001) y al tiempo favorecer el interés por seguir programas de formación científica o de formación como profesores de ciencias. Si se trata de poner en práctica con los profesores de ciencias los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias; debemos suponer que transformaciones significativas en las concepciones y prácticas de los profesores de ciencias, contribuye a vivenciar y a fundamentar en los estudiantes formas alternativas de pensar, de sentir y de actuar. Seguramente, profesores de ciencias formados más cercanamente a las expectativas de lo que ha de ser la educación científica

contemporánea, podrían favorecer una enseñanza de las ciencias más próxima al sentido actual de “alfabetización científica” y por tanto más alejada a una idea de “preparación propedéutica”. De aquí el interés de considerar como fundamental lograr contribuir a superar en los profesores la idea que enseñar es fácil y que es cuestión de sentido común, que no exige rigurosidad sino aplicaciones metodológicas aprendidas más por impregnación ambiental desde su experiencia como estudiantes (Gil, 1991).

Por ello, la formación inicial y continuada de Profesores de Ciencias, ha de ser consistente con los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias y a la vez ha de ser y ha de resultar ser eficaz para el desarrollo profesional de los docentes. En tal sentido han de integrarse 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 su participación activa en modelos conceptuales y metodológicos propios de la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, estos modelos alternativos empleados para la formación de profesores no solo debieran apoyarse en el cuerpo de conocimientos didácticos, pues ha de considerarse también, la puesta en práctica de nuevas formas de enseñar y de aprender. Por tanto, la formación inicial y permanente del profesorado no puede reducirse a programas donde se transmiten nuevas ideas sobre el trabajo en el aula, ya que no estaríamos favoreciendo el desarrollo de perspectivas innovadoras en la enseñanza.

Así las cosas, una línea prioritaria que se viene desarrollando ampliamente 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 *Handbook* 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; así mismo en las memorias del segundo congreso de la ESERA (Behrendt et al, 2001), hay un capítulo especial dedicado a temas sobre *Teacher Conceptions*. Uno de

los casos particulares que ha llamado la atención de investigadores, es el estudio de las pre-concepciones docentes o lo que hoy en día denominamos concepciones docentes de sentido común.

El desarrollo de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo de conocimiento nos ha permitido paulatinamente, evidenciar como hoy en día ya 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 al (1991), todo ello apunta a la necesidad de desarrollar y evaluar nuevos modelos de formación del profesorado de ciencias. Desde entonces, encontramos investigaciones que hacen referencia al estudio de las concepciones científicas y didácticas del profesorado y su papel en la formación inicial y permanente.

También Porlán (1998) propone la necesidad de diseñar y experimentar propuestas de formación del profesorado tomando como referencia los avances en nuevos modelos didácticos, de forma tal que desde su experiencia docente experimenten hipótesis curriculares que puedan superar problemas que plantea el modelo tradicional de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Munby y Russell (1998) hacen referencia a la importancia de la investigación en formación del profesorado de ciencias, entendida ésta como la construcción de un conjunto de conocimientos bases 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 al (1991), Furió (1994), Furió y Gil (1999) y Mellado y González (2000), refuerzan la idea de la formación del profesor basados en la metáfora del profesor como investigador.

La literatura en Didáctica de las Ciencias ha resaltado que uno de los principales obstáculos al cambio didáctico está en “lo que ya sabe” el profesor respecto al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, de manera que desde la perspectiva de una Didáctica de las Ciencias innovadora, contemporánea y de orientación constructivista, la investigación sobre el cambio en la actitud de los profesores de ciencias, puede ser una alternativa prometedora que conduzca a la reorientación de los currículos para la formación inicial de los profesores de ciencias así como para la revisión y recontextualización de los criterios y

estándares de su formación continuada. En efecto, si los profesores de ciencias elaboramos conscientemente concepciones explícitas sobre la ciencia y sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y a su vez comprendemos, identificamos y justificamos haciendo balances críticos, sobre nuestras actitudes y nuestros valores en la enseñanza y el aprendizaje, podemos alcanzar umbrales para identificar abiertamente la estructura de nuestra epistemología personal docente como paso fundamental para comprender sus obstáculos asociados y que pueden en un momento dado, desfavorecer el desarrollo de prácticas docentes alternativas.

En otras palabras, una investigación desde la Didáctica de las Ciencias sobre formación de profesores, dirigida hacia la consecución de cambios didácticos, no basta con limitarla a que los profesores conozcan nuevos modelos metodológicos. Se requiere por el contrario, que el profesorado intervenga activamente, sea consciente de sus propias limitaciones y desarrolle, a la luz de nuevas orientaciones disciplinares basadas en estudios críticos y rigurosos, prácticas docentes alternativas. Ello implica que es el propio profesorado el que debe identificar y cuestionar su epistemología docente habitual para dar cuenta de las necesidades de cambios y de nuevas expectativas sociales vistas desde la educación científica.

El reconocimiento de la estructura teórica de la disciplina que enseñamos los profesores de ciencias, incluidos sus aspectos históricos, epistemológicos, sociológicos y psicológicos relacionados con diversas concepciones sobre Didáctica de las Ciencias y al mismo tiempo, el desarrollo de actitudes positivas hacia la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia nos permitiría, en general y en suma, comprender que nuestros comportamientos o esquemas de acción en el aula, no son el resultado de una labor empírica ingenua y por tanto desprovista de organización teórica, sino que por el contrario se encuentra sustentada en paradigmas científicos, filosóficos y didácticos complejos aunque en ocasiones implícitos, desde los cuales es posible explicar aún los modelos más tradicionales empleados por los profesores en la enseñanza de las ciencias. Se espera entonces, favorecer cambios didácticos en profesores de ciencias que impliquen pasar de una epistemología personal y una práctica docente personal, basada en modelos hegemónicos y tradicionales de la enseñanza de las ciencias, hasta una epistemología docente y una práctica docente más próximas a modelos de enseñanza de la química de orientación constructivista, de los cuales y para el caso particular de la presente investigación, corresponde al modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias por investigación dirigida.

Todo ello permitiría al profesorado de ciencias, pasar a desarrollar y a actuar en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en coherencia con nuevas concepciones, nuevas actitudes y nuevas posibilidades de práctica docente más cercanas a modelos de enseñanza que han resultado ser o aparentemente nos han dado mejores resultados para explicar y afrontar problemas asociados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, encontramos que aún el profesorado encargado de la formación inicial de profesores de ciencias y los profesores de ciencias, desconoce los avances que desde la Didáctica de las Ciencias se han hecho en relación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y por tanto, al no incorporar en su práctica y en sus concepciones docentes modelos teóricos y metodológicos distintos a los habituales, no suponen la enseñanza como un problema y por tanto ésta se replica de manera acrítica y repetitiva.

No debemos olvidar que es desde los años ochenta cuando resurge la necesidad de reorientar los modelos de enseñanza en la educación científica, debido por una parte, a la emergencia de diversas posturas contemporáneas sobre la naturaleza de las ciencias, y por otra, a los avances en las ciencias de la educación y en la psicología del aprendizaje, factores que condujeron al desarrollo de la Didáctica de las Ciencias como disciplina que da cuenta de la problemática asociada a la enseñanza y al aprendizaje de las ciencias (Martínez-Terrades, 1998).

Estos factores, conducirían al desarrollo de modelos constructivistas sobre la enseñanza y el aprendizaje que se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Lo que hay en el cerebro de quien aprende tiene importancia. La mente de los alumnos no es un *recipiente vacío que se llena progresivamente con conocimientos en la medida que van progresando en su experiencia como estudiantes*; por el contrario la eficacia de la enseñanza depende fundamentalmente de sus conocimientos previos y también de sus actitudes y de sus concepciones sobre el mundo. Las ideas previas de los estudiantes, en este sentido, no solamente son de origen escolar sino también de origen extraescolar, es decir, se explicitan por las experiencias propias del individuo independientemente de su grado de escolarización y le dan luces para aproximarse a la interpretación de un problema, incluso desde el punto de vista de sentido común.

2. La evolución del conocimiento no es lineal y se conoce contra conocimientos anteriores (Bachelard, 1938). En el desarrollo mental de los estudiantes se pueden apreciar estadios de pensamiento, sin embargo estos estadios tienen estructuras lógicas diferentes que se traducen en modelos de razonamiento. La eficacia del aprendizaje está en gran medida definida por el nivel de desarrollo cognitivo del estudiante el cual se potencia dependiendo de la naturaleza del conocimiento aplicado y de los conocimientos o experiencias de los estudiantes. Teniendo en cuenta que el conocimiento científico no progresa en forma acumulativa, sino más bien por rupturas paradigmáticas (Kuhn, 1962), o por competencia entre programas de investigación (Lakatos, 1978) o por evolución y desarrollo de conceptos en nichos teóricos favorables (Toulmin, 1972), es comprensible suponer que el acto de aprender implica cambios débiles o fuertes entre formas de razonamiento, ya sea al contrastar puntos de vista desde el conocimiento cotidiano en relación con conocimientos científicos o incluso, al contrastar puntos de vista entre diferentes teorías científicas. En general, se pretende con estas tesis explicar los paralelismos existentes entre los cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales que caracterizan el desarrollo de los conocimientos científicos, respecto a los cambios en nuestras formas de pensar, de sentir y de actuar que hemos de desarrollar al momento de apropiarnos nuevas formas de comprender la realidad debido al aprendizaje de conocimientos científicos.

3. Quien aprende construye activamente significados. Todo conocimiento es construido por el individuo cuando interacciona con el medio y trata de comprenderlo utilizando lenguajes cada vez más precisos. El conocimiento no es una simple internalización automática de la información que nos llega desde el entorno natural o social, es una construcción individual y social de las personas cuando buscamos hacer representaciones e interpretaciones adecuadas en relación con los fenómenos que estudiamos.

4. Aprender significativamente supone establecer relaciones. Los conocimientos que pueden conservarse permanentemente en la memoria no son hechos aislados, sino aquellos muy estructurados y que se interrelacionan de múltiples formas. En el acto del aprendizaje significativo, las personas no conectamos acríticamente una nueva noción como una especie de “adición al glosario de términos”, sino que por el contrario, generamos significados cuando somos capaces de conectar adecuadamente la información que tenemos con la nueva información que estamos aprendiendo. Esto nos dice que los esquemas mentales ya existentes en los seres humanos pueden ser modificados y reorganizados dependiendo del nivel de aprendizaje. La apropiación de conocimientos no solamente se debe a los resultados de nuestras

experiencias curriculares en la escuela, ya que también se da por nuestras experiencias cotidianas respecto a lo que ocurre en el mundo físico y vivo, objetos de estudio de la educación científica.

5. Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje. El aprendizaje requiere que los individuos potenciemos estrategias metacognitivas, es decir, que seamos conscientes de lo que aprendemos, de los cambios de orden conceptual, metodológico y actitudinal que vivenciamos al poder explicar una cierta porción de la realidad desde perspectivas diferentes, y ante todo, de la necesidad de desarrollar actitudes positivas hacia el conocimiento y hacia el aprendizaje como alternativas para predisponernos de mejor forma en los procesos de aprendizaje.

6. El aprendizaje significativo requiere una serie de condiciones o situaciones problemáticas de interés. Para poder construir activamente significados a partir de cualquier experiencia, es absolutamente necesario que ésta se vea influenciada por una serie de variables que permitan poner en cuestión nuestros esquemas conceptuales y nuestros esquemas metodológicos precedentes; en tal sentido los factores que más importancia tienen en el aprendizaje son la propia autoestima del estudiante y su interés por desarrollar actividades de aprendizaje cada vez más significativas para ellos.

7. El aprendizaje significativo requiere una serie de condiciones. Además de las actitudes que el estudiante debe generar para un adecuado proceso de aprendizaje, también es necesario que se hagan esfuerzos por aprender nuevos conocimientos lo que quiere decir, que se requiere consciencia para comprender que nuestras ideas previas pueden en un momento dado ser contradichas. Buscar contradicción entre conocimientos, ideas, creencias y metodologías previas en relación con nuevos conocimientos, ideas, creencias y metodologías, es un factor importante que se requiere en el aprendizaje significativo. En general, es preciso tener en cuenta que entre más rica sea la red cognitiva de los estudiantes, mayores serán las posibilidades para que pueden construir mejores y nuevos significados.

8. Los conocimientos que se aprenden no solamente son de naturaleza conceptual. Es importante clarificar los contenidos de conocimiento científico que deben ser aprendidos en un proceso de enseñanza y aprendizaje teniendo en cuenta que los contenidos en la ciencia no son solamente conceptuales sino también metodológicos y actitudinales, ya que ésta expresión del conocimiento humano no es solamente un conjunto de teorías y en ellas, principios, leyes y conceptos, sino una forma particular de proceder y de

actuar ante el mundo. Ello implica que nuestra interacción con la realidad no sólo se da con herramientas teóricas sino también y simultáneamente, con metodologías específicas dependientes de los modelos teóricos empleados (son la aplicación concreta de las teorías) y con predisposiciones derivadas de los modelos teóricos que orientan esta interacción y que determinan nuestras ideas, creencias, grados de aceptación o rechazo y tomas de decisiones.

En consecuencia aprender ciencia va mucho más allá que aprender significativamente contenidos conceptuales ya que también implica aprender para cambiar actitudes y metodologías. A este respecto, Bachelard (1938) afirmaba que aprender ciencia no es adquirir una nueva cultura experimental sino cambiar de cultura experimental. Así las cosas, el aprendizaje de las ciencias no solo persigue modificaciones en lo que debemos saber sobre el mundo, sino también en lo que podemos y debemos saber hacer y hacer en relación con problemas determinados de interés desde las perspectivas de los conocimientos científicos. La epistemología docente está conformada por tres ejes indelegables en la profesión del profesor y que se corresponden entre sí a la manera de un sistema complejo. El eje conceptual corresponde al conjunto de conocimientos que un profesor, en este caso un profesor de química, ha de *saber* en relación con la disciplina que enseña y otras disciplinas conexas desde las cuales se investiga empleando los paradigmas de la química (física, biología, matemática, etc.); también con conocimientos asociados para comprender la naturaleza de la química a partir de conocimientos sobre la naturaleza de las ciencias (filosofía e historia de las ciencias); finalmente en este eje ubicamos el otro gran bloque de conocimientos necesarios en un profesor y que ha sido olvidado en muchos modelos de formación de profesores, se trata de los conocimientos asociados con la didáctica de las ciencias experimentales.

Así pues, en el eje conceptual encontramos entonces: a) las estructuras teóricas de conocimientos que el profesor debe saber, de forma tal que se trata de conocimientos que corresponden a relaciones de conceptos, principios, leyes y axiomas propios de las teorías científicas y que tienen sentido en la medida en que el profesor, de manera simultánea y conexas, también reflexiona usando para ello, b) conocimientos propios sobre la estructura interna de las teorías científicas, es decir, activando sus saberes en torno a la filosofía de la ciencia y desde la cual, se integran componentes como la epistemología y la historia de la ciencia. Estos conocimientos, imprescindibles para una práctica docente innovadora, están directamente relacionados con la reflexión sobre el origen, desarrollo y estructura del conocimiento científico y por tanto

en forma general sobre la naturaleza de las ciencias, que Izquierdo (1999) denomina “la nueva historia y filosofía de la ciencia”.

En el eje conceptual necesario para la actividad profesional de un profesor de ciencias, se establece entonces el andamiaje teórico que permite al profesor la fundamentación necesaria para comprender los conceptos y los principios generales de los paradigmas de la química, elementos “visibles” de la ciencia que de suya es objeto de enseñanza, y también los conocimientos “implícitos” que dan cuenta al profesor de la manera cómo los conocimientos científicos se han producido, cómo se han transformado, cómo son validados por parte de las comunidades académicas especializadas, cómo se suelen aceptar y cómo rechazar; en general, se trata de la reflexión proveniente de los aportes de la filosofía, la epistemología y la historia de la ciencia. Se trata de un bloque de conocimientos, indispensable en la estructura conceptual de la actividad profesional del profesor de ciencias, que habitualmente se ha ignorado y que explica, en buena medida, las razones de una enseñanza de las ciencias centrada casi exclusivamente en la transmisión de teorías y conceptos, cuya esencia filosófica corresponde a posturas empiristas y positivistas de la ciencia, y sus soportes psicológicos al paradigma conductista y behaviorista.

El otro componente del eje conceptual corresponde al conocimiento del profesor de ciencias en relación con los saberes propios de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, saberes que dependen fundamentalmente de su conocimiento e implicación sobre los resultados que se han venido produciendo desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Al igual que sucede con el conocimiento químico, el cual a lo largo de su desarrollo ha requerido de interrelaciones con otros campos de conocimiento, la Didáctica de las Ciencias, además de su desarrollo intrínseco, ha venido ampliando sus relaciones transdisciplinarias e interdisciplinarias con otros campos de conocimiento interesados en resolver problemas educativos y particularmente de la educación científica, tales como la psicología cognitiva, la sociología y la pedagogía.

El segundo gran eje de la actividad profesional del profesor de ciencias es el actitudinal, el cual nos da cuenta de las predisposiciones de un profesor hacia la enseñanza de las ciencias. Nos da pautas para reconocer lo que debemos *ser, saber hacer, querer saber y querer hacer* los profesores de ciencias. Desde este eje podemos:

- a) Comprender el conjunto de ideas y creencias que el profesor manifiesta y asume en relación con

la investigación y la innovación en la enseñanza de las ciencias; de igual modo también nos ayuda a,

b) Identificar el sistema de valores y principios que el profesor de ciencias explicita cuando define grados de aceptación o rechazo hacia sus actividades propias como enseñante o hacia las actividades que otros colegas desarrollan en el acto educativo, así como también a valorar y desde allí, a aceptar o rechazar resultados de la investigación y la innovación en educación científica. Finalmente, el eje actitudinal se constituye en patrón para,

c) Comprender las decisiones que el profesor toma al diseñar, desarrollar y evaluar actividades de enseñanza y aprendizaje de las ciencias las cuales nos permiten identificar y prever esquemas de acción que son en últimas los que nos ayudan a identificar en la práctica las concepciones que sobre la ciencia, la naturaleza de la ciencia y la enseñanza de la ciencia utiliza el profesor para adelantar su praxis educativa.

Los dos ejes citados anteriormente, el conceptual y el actitudinal, es decir, la estructura conceptual del conjunto de conocimientos que el profesor debe *saber* y las actitudes y esquemas de acción que se pueden derivar de dichos conocimientos que nos dan cuenta de lo que el profesor debe *ser*, *saber hacer*, *querer saber* y *querer hacer*, corresponden a “la epistemología docente”. Dicha epistemología puede caracterizarse como una epistemología docente habitual o renovada según sean los fundamentos conceptuales y los esquemas de acción empleados por el profesor de ciencias.

La epistemología docente bien sea habitual o transformada, o que se encuentre en camino de transformación, es la que sustenta en sí misma el tercer eje de la actividad profesional del profesor: su práctica docente. Así pues, si encontramos rutas curriculares fructíferas que favorezcan cambios en la epistemología docente, es decir en las concepciones y en las actitudes del profesor de ciencias, probablemente nos sería más fácil coadyuvar a transformar las prácticas docentes de forma tal que contribuyan a mejores resultados en el aprendizaje de las ciencias, tanto en el orden cognitivo y metacognitivo (niveles de aprendizaje y estilos de razonamiento), como en el social y cultural (alfabetización científica).

Visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza

Las ideas previas de los docentes en relación con la enseñanza y el aprendizaje resultan ser, en consecuencia, absolutamente necesarias para reconocer la estructura de la epistemología docente del

profesorado, que como hemos indicado, no solamente hacen referencia a los conocimientos y a las concepciones sobre el conocimiento científico que manifiestan los profesores, sino también al conocimiento y a las concepciones que develan en relación con la enseñanza de las ciencias; concepciones que son justamente las que hay que poner en evidencia, explicitarlas permanentemente en un programa de formación de profesores como el que aquí se propone, para que sean los principales indicadores que den lugar a que los profesores comprendan hasta donde han cambiado sus actitudes y sus concepciones en relación con la actividad docente; actitudes y concepciones que debieran referirse necesariamente a replantear concepciones y posturas epistemológicas en relación con el conocimiento científico así como también con los conocimientos asociados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Como parte del inventario de ideas previas docentes elaboradas a través del desarrollo de diversas investigaciones dedicadas a la formación del profesorado, así como la explicitación de algunas de las concepciones contemporáneas en relación con aspectos conceptuales cruciales en educación científica, se hace necesario revisar dentro de la estructura de la epistemología docente habitual, el supuesto por parte de los profesores universitarios de ciencias en torno a que las principales necesidades formativas están centradas exclusivamente en conocimientos cada vez más rigurosos y más profundos de la propia asignatura que se enseña, es decir, que la principal necesidad formativa del profesor debiera apuntar a tratar conocimientos disciplinares objetos de referencia en el acto educativo.

Poco se comprende la importancia de incorporar en este bagaje de conocimientos necesarios para una práctica profesional de mayor calidad, conocimientos en didáctica de las Ciencias porque se supone que aprender o mejorar la práctica de la enseñanza de las ciencias físicas, las ciencias químicas o las ciencias biológicas, simplemente requiere de un conocimiento cada vez más riguroso de estas teorías ya que se supone que enseñando bien, es decir, transmitiendo adecuadamente los conocimientos de estas disciplinas, se logran excelentes resultados en el aprendizaje de los estudiantes. Se olvidan las diferencias sustanciales entre la epistemología propia de los conocimientos científicos en relación con la epistemología propia de los conocimientos en educación científica, ya que si bien guardan estrecha relación entre ellos, no se pueden olvidar las diferencias debidas a los contextos, las finalidades y las características de las prácticas profesionales que implican la investigación científica propiamente dicha y la investigación específica dirigida al logro de aprendizajes de conocimientos científicos.

Trabajos precedentes como los realizados por Matthews (1998), demuestran cómo, en muchos casos se puede encontrar que la organización y la secuencia curricular de los contenidos científicos que se enseñan son incoherentes e incompatibles con los desarrollos históricos de estos contenidos científicos. En general se asumen secuencias de contenidos basadas en la simplicidad hasta alcanzar mayores niveles de complejidad, cuando efectivamente estudios históricos demuestran muchas veces que el desarrollo de conocimientos científicos no ha seguido una evolución lineal en búsqueda de mayores niveles de profundización y complejidad, como se muestra en muchas secuencias de contenidos en los currículos de ciencias.

Desde una perspectiva histórica y epistemológica como fundamento para la organización de contenidos científicos desde un enfoque didáctico que supera la simple transmisión verbal de conocimientos, la enseñanza de las ciencias no debiera reducirse a abordar temáticas con finalidades propedéuticas que van desde lo más simple hasta lo más complejo para que una vez abordadas no vuelvan a ser tratadas, sino por el contrario, a proponer la resolución de problemas de interés que pueden ser retomados en la medida que los estudiantes avanzan en sus ciclos de formación e integran conocimientos que probablemente implican retomar otros que históricamente se habían dejado olvidados o no se les había prestado la atención suficiente.

No debe olvidarse que el desarrollo de muchas teorías o de diversos conceptos científicos, ha implicado el desarrollo de teorías o conceptos colaterales y que en general, un programa de investigación científico no siempre se desarrolla de manera “pura”, pues se requiere de los avances hechos en el mismo o en otros programas en procura de resolver problemas para lograr la comprensión y respuesta exitosa ante un reto explicativo planteado por la ciencia. De igual forma, dado el proceso mismo de construcción permanente que caracteriza la ciencia debido a la constante actividad científica, los resultados logrados siempre tienen el carácter de provisionales, pues éstos cambian en la medida que al requerirse la resolución de nuevos problemas, o al desarrollarse nuevos marcos teóricos, se reelaboran explicaciones, argumentaciones teóricas, modelos experimentales o innovaciones técnicas y tecnológicas. De aquí la importancia y uno de los valores más significativos de los aportes de las investigaciones en Historia de las Ciencias a la Didáctica de las Ciencias.

Desde esta perspectiva, según concepciones habituales de la epistemología docente, sólo se necesitaría conocer adecuadamente los contenidos de la asignatura que se enseña, sus niveles de complejidad y

transmitir lo mejor posible dichos contenidos (que casi siempre se reducen a los puramente conceptuales, dejando de lado los contenidos actitudinales y metodológicos que también hacen parte de las concepciones científicas). No se tienen en cuenta los desarrollos actuales de la epistemología de las ciencias y quizás mucho menos la estructura del desarrollo histórico de los conocimientos científicos. En consecuencia, no se hace necesario integrar los conocimientos científicos y sus perspectivas epistemológicas e históricas en el contexto del cuerpo conceptual propio de la didáctica de las ciencias, contexto desde el cual, a partir de investigaciones en el ámbito de la formación de profesores de ciencias, vienen demostrándose evidencias tanto teóricas como experimentales de la escasa efectividad que tiene la enseñanza de las ciencias centrada exclusivamente en la transmisión acrítica de contenidos conceptuales.

Teniendo en cuenta lo anterior, un programa eficaz de formación de profesores de ciencias debe determinar el conjunto de conocimientos, actitudes y habilidades prácticas que los profesores han de manifestar y explicitar para desarrollar cambios en cuanto a lo que venimos denominando como cambios didácticos; los cuales no son posibles de desarrollar sino se tiene en cuenta, como punto de partida, la epistemología docente y la práctica docente habitual que soporta tanto los conocimientos como las destrezas básicas asociadas.

La práctica docente resulta entonces ser la manera más explícita de corroborar la epistemología docente de forma tal que esta, a su vez, se constituye en la base fundamental a nivel conceptual y a nivel actitudinal que da pie para comprenderla.

Así las cosas, estos dos grandes bloques que configuran la actividad profesional del docente (epistemología y práctica), y que por tanto permiten identificar las competencias profesionales de un profesor de ciencias, no se estudian como dos elementos separados sino por el contrario, se relacionan a la manera de un sistema complejo. A partir de la comprensión de las actividades que los profesores programan, organizan y ejecutan en el aula de clase, es posible identificar concepciones, ideas, creencias y juicios de valor que sobre la ciencia asume el profesor, así como también es posible identificar sus concepciones, creencias y valores acerca de la investigación científica, de las relaciones entre la investigación científica y la investigación en el aula de clase como medio para el aprendizaje de las ciencias, del papel de la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, etc.

Por supuesto se comprende que un intento de transformación en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de ciencias, si bien puede ser alternativa de mejora en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias, también debe dejar las puertas abiertas para considerar otros posibles aspectos de carácter institucional e incluso, de políticas educativas que desempeñen un papel preponderante en este propósito. De hecho, consideramos aquí que una transformación significativa de cara a mejorar el aprendizaje de los estudiantes, es un asunto que involucra la esfera de lo político, lo económico, lo social y lo científico.

Desde esta perspectiva, resulta importante reconocer que si bien la puesta en práctica de resultados de la innovación y de la investigación en educación científica en procesos de formación de profesores de ciencias cada vez desempeña un mayor aporte, también es claro que por sí solo este esfuerzo no será el único que deba hacerse para superar y corregir un conjunto de falencias en los procesos educativos. Por supuesto que una formación de profesores que tenga en cuenta los desarrollos actuales logrados desde la filosofía, la historia, la epistemología, la pedagogía y la didáctica, constituyen un aspecto fundamental para el éxito en el desarrollo profesional del profesorado, para reconocer la importancia estratégica que tienen en su calidad de formadores de ciudadanos, muchos de ellos quizás futuros formadores.

Como afirman Porlán, Rivero y Martín del Pozo (2000), el conocimiento profesional de los profesores influye poderosamente en la manera de interpretar y actuar en la enseñanza, de igual manera este conocimiento, epistemológicamente diferenciado de otras formas de conocimiento, es el resultado de la elaboración e integración de diferentes saberes que pueden concebirse como un sistema de ideas en evolución. Desde esa perspectiva, justamente al considerar la estructura de la epistemología docente en la presente investigación, se considera la necesaria conceptualización y explicitación del conocimiento disciplinar que el profesor enseña, pero también de sus conocimientos e imaginarios acerca de la historia de las ciencias, de la filosofía de las ciencias y de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. El conjunto de ideas y creencias derivados de estos conocimientos, los cuales conforman el plano cognitivo de las actitudes, hacen parte de la estructura de la epistemología docente.

Así, desde la perspectiva de Porlán, Rivero y Martín del Pozo (2000), se recoge la propuesta fundamental dada por los autores antes citados, en el sentido que se trata de un conocimiento

epistemológicamente diferenciado, pero también entendido como el resultado de la reelaboración y la integración de otros saberes.

Finalmente estos autores afirman que el conocimiento profesional de los profesores aborda actitudes y valores encaminados a la transformación del contexto escolar y profesional.

Puede encontrarse una equivalencia entre la manera como se orientan las concepciones de los alumnos desde una posición constructivista, con la manera de considerar las concepciones de los profesores como ejes orientadores de un proceso formativo en lo que tiene que ver con la apropiación de conocimientos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Así las cosas, la epistemología docente convencional, de no ser tratada explícitamente en un programa de formación en didáctica de las ciencias dirigido a profesores, puede fácilmente constituirse en un obstáculo para el cambio didáctico. De otra parte, la abundante investigación desarrollada hasta el momento, muestra que la epistemología docente habitual, se refuerza con el empleo de modelos de formación habituales, que fundamentalmente yuxtaponen la formación científica disciplinar con la formación pedagógica (Mc Dermott, 1990).

Otro componente de la epistemología docente tiene que ver con lo que Simpson et al (1994) desarrollan como el conjunto de actitudes necesarias para comprender y relacionar las concepciones del profesorado. Por actitudes comprendemos aquí las predisposiciones de una persona hacia algo o hacia alguien, las cuales se manifiestan por lo menos a partir de tres componentes: a) la cognitiva, en lo que tiene que ver con el conjunto de ideas y creencias de una persona (para el caso particular del profesorado, esta componente actitudinal se manifiesta por las ideas y creencias del profesor hacia el conocimiento que enseña, hacia la enseñanza, el aprendizaje, el currículo, la evaluación, etc., las cuales dependen de sus conocimientos sobre la ciencia, su epistemología y su historia así como sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia); b) la valorativa en lo relativo a los grados de aceptación o de rechazo de una persona hacia algo o hacia alguien (para el caso del profesorado, podría ser el grado de aceptación o de rechazo hacia una cierta metodología de enseñanza, hacia un contenido científico en particular, etc.) y, c) la conativa en lo que tiene que ver con las tomas de decisiones de una persona (para el caso del profesorado, las decisiones que lo conducen llevar a la práctica una determinada metodología, una forma particular de evaluación de las enseñanzas y de los aprendizajes, etc.).

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 entonces se considera para el presente trabajo y basado en trabajos precedentes como los desarrollados por Furió y Carnicer (2002), como 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 definido, se propone en consecuencia concebir como un 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. En otras palabras, acorde con el paradigma del aprendizaje internalista, éste se manifiesta cuando un individuo conscientemente transforma sus puntos de vista por otros que considera más fructíferos para la solución de problemas de su contexto. Un cambio didáctico, aprendido internalista, implica cambios en la forma de pensar, de sentir y de actuar en un profesor, a través de los cuales puede solucionar 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 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 de comportamientos explícitos en el trabajo de aula de clase; esta epistemología personal docente, en muchos casos puede constituirse como 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 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 favorece 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 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.

De hecho los cambios didácticos manifestados en cambios tanto en la epistemología personal docente como en la práctica docente, efectivamente no son fáciles de lograr. Ya en trabajos precedentes como los desarrollados por Furió y Carnicer (2002) se indican las dificultades de esos cambios. Por ello, diversas investigaciones en el ámbito de la formación de profesores de ciencias, han propuesto estrategias que faciliten cambios conceptuales (cambios en conocimientos, es decir en el saber) respecto a los modelos de enseñanza habituales que practican los profesores. Sin embargo, también se precisa que solo los cambios conceptuales en el marco de los cambios didácticos no son suficientes: se requiere además el desarrollo de cambios metodológicos y de cambios actitudinales. Los cambios metodológicos para favorecer nuevas aproximaciones hacia la metodología de producción de los saberes (cambios en la manera como nos enfrentamos a problemas y a la manera de solucionarlos, es decir cambios en cuanto al hacer) y los cambios actitudinales para aproximarnos a nuevas predisposiciones hacia el conocimiento científico, hacia la actividad científica y hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (es decir, cambios en el ser, en el saber hacer, en el querer saber y en el querer hacer).

De esta manera consideramos que los procesos de formación de profesores debieran organizarse sobre la base de las orientaciones de modelos didácticos asociados con la enseñanza de las ciencias por investigación dirigida. De manera equivalente al tratamiento para la enseñanza de conocimientos científicos desde una perspectiva constructivista, desde 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. Cambios conceptuales en lo que tiene que ver con las reorientaciones que el profesor asume en relación con nuevos conocimientos sobre la ciencia y sobre la actividad científica así como con relación a nuevos conocimientos sobre la enseñanza de las ciencias;

cambios actitudinales en lo relativo a nuevas y mejores predisposiciones del profesorado hacia la enseñanza de las ciencias, y cambios metodológicos propiamente dichos, en lo que tiene que ver con nuevas orientaciones del profesor en el aula de clase, es decir, cambios alternativos en lo que respecta al hacer del profesor en el trabajo habitual del aula de clase.

Estas reestructuraciones en las concepciones del profesorado y en sus actitudes y prácticas docentes, han de producirse de modo consciente para que efectivamente sean significativas e impacten en la naturaleza del trabajo docente.

Ello implica que la formación inicial y permanente del profesorado no puede reducirse a programas donde simplemente se transmiten nuevas ideas o nuevas alternativas de trabajo en el aula en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo o la evaluación, ya que seguramente no estaríamos favoreciendo propiamente reestructuraciones conceptuales, metodológicas y actitudinales propias de un cambio didáctico radical, tanto en la epistemología como en la práctica docente. Por el contrario, estaríamos abocados a tratar con el profesorado algunos conocimientos descontextualizados en relación con nuevas ideas sobre la enseñanza o con nuevas metodologías que no favorecerían realmente compromisos serios por parte de profesorado para afrontar la enseñanza de las ciencias desde orientaciones definitivamente diferentes a las que habitualmente realizan, y que muy seguramente no resultan ser consecuentes y fundamentadas con los resultados propios de la investigación contemporánea en formación de profesores en el ámbito de la educación científica.

En consecuencia, se considera al profesor como sujeto en formación actitudinal, que no sólo tiene creencias sobre la ciencia y la educación científica sino también actitudes –muchas veces negativas– hacia la investigación y la innovación didáctica, las cuales siempre son susceptibles de ser cambiadas en programas de formación del profesorado. Así pues, programas de formación continuada de profesores de ciencias, coherentes con los resultados de la investigación contemporánea en didáctica de las ciencias, han de procurar desarrollar efectivamente no solo cambios conceptuales en lo que tiene que ver con nuevos conocimientos asociados con las epistemologías contemporáneas sobre el conocimiento científico y con nuevos contenidos y nuevos conocimientos propios de la didáctica de las ciencias, sino que también deben promover cambios actitudinales y metodológicos en el profesorado hacia la Didáctica de las Ciencias.

Las actitudes docentes, es decir, las ideas y las creencias, los grados de aceptación y de rechazo y la toma de decisiones en relación con la actividad docente (enseñanza, aprendizaje, currículo, evaluación, etc.) relacionan a manera de puente, las concepciones (conocimientos) con las metodologías (esquemas de acción).

En este trabajo se considera relevante destacar el paralelismo entre las posturas contemporáneas de la investigación y la innovación en Didáctica de las Ciencias, en torno al aprendizaje de las ciencias entendido como un conjunto de cambios de tipo conceptual, metodológico y actitudinal, en relación con lo que para el caso del aprendizaje de experiencias innovadoras y de nuevas prácticas de enseñanza por parte de los profesores podríamos denominar un cambio didáctico. En este sentido se ha considerado la estructuración de un programa de formación permanente de docentes que se acerque al propósito de la investigación en formación de profesores en el contexto de la enseñanza por investigación orientada.

Esta propuesta supone trabajar con los profesores desde su auto-reflexión crítica en la perspectiva de identificar, de manera consciente, sus concepciones, actitudes y prácticas habituales, hasta favorecer su inmersión en los resultados de la investigación y la innovación didáctica, evitando ante todo pensar en un programa de formación que solo transmite nuevos conocimientos didácticos a los docentes. Por el contrario, se trata de desarrollar con ellos una problemática relevante, encontrando colectivamente alternativas de solución a través de una investigación didáctica orientada que les permita, no solo irse aproximando a lo que desde la Educación Científica podría ser el diseño de actividades, sino también, para que al mismo tiempo vayan apropiando la importancia que tiene la investigación en Educación Científica actual, los logros encontrados, el desarrollo de las líneas de investigación más relevantes en los actuales momentos y ante todo, la confirmación del desarrollo de un conjunto de actitudes diferentes hacia la enseñanza en la media de considerarla no simplemente como una actividad rutinaria y acrítica, sino por el contrario, como una actividad interesante que arroja importantes retos para el profesorado y que en la práctica, podría hacerlos sentir agentes protagónicos importantes en el acto de enseñanza y aprendizaje, desplazándolos de la imagen habitual que los refiere únicamente a personas que se encargan de transmitir de la mejor manera posible una serie de conocimientos sin asumir la corresponsabilidad en cuanto al aprendizaje de sus estudiantes.

Desde la perspectiva de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias por investigación dirigida, el problema fundamental consiste en procurar desarrollar cambios en la epistemología y en la práctica de docentes universitarios de química, encargados de la formación inicial de profesores de química, teniendo en cuenta las condiciones de un programa eficaz de formación de profesores (Furió y Gil, 1999).

En tal sentido, las premisas básicas de la organización de un programa de formación de profesores son las siguientes:

1. Está planificado en conexión con los problemas que plantea la práctica docente.
2. Posibilita la construcción de un cuerpo conceptual alternativo en el profesorado que hace parte del proyecto.
3. En esta medida, dicho cuerpo conceptual corresponde al de la Didáctica de las Ciencias y en particular al de un modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias como investigación dirigida. Ello supone, así mismo hacer una reflexión didáctica y epistemológica alternativa que permita sustentar los principios básicos del modelo de enseñanza y aprendizaje como investigación dirigida, coherente con los nuevos aportes de la historia y la filosofía de las ciencias, en la actualidad considerados relevantes para el cabal desarrollo de un modelo como el que aquí se ha precisado desarrollar.
4. Por otro lado dicho programa eficaz de formación de profesores, ha de favorecer la reflexión didáctica explícita que cuestiona el carácter natural de la enseñanza que siempre se ha hecho; aquí se presenta la ocasión para poner en cuestión las concepciones, los comportamientos y las acciones docentes espontáneas que muchas veces actúan como obstáculos en la transformación de la enseñanza de las ciencias.
5. Procura desarrollar los contenidos del programa en forma de situaciones didácticas problemáticas abiertas, las cuales se debaten colectivamente en pequeños grupos en un clima de colaboración y cooperación constructivos.
6. Favorece vivencias de propuestas fundamentadas en la innovación didáctica, que muestran nuevas posibilidades de transformación de la docencia habitual y que son posibles para generar aprendizaje significativo en los estudiantes.
7. Favorece cambios positivos en las actitudes y en las prácticas docentes de los profesores, más próximas a las esperadas desde la investigación contemporánea en la Didáctica de las Ciencias de naturaleza constructivista.
8. Está diseñado para incorporar al profesorado en tareas de innovación e investigación en torno a

los problemas didácticos planteados. Trabajos como los adelantados por Gil, Furió y Gavidia (1998), han destacado explícitamente algunas de las causas de la poca efectividad de los programas seguidos en la formación inicial o continuada de profesores de ciencias.

De igual manera, en un trabajo reciente (Campanario, 2002) se muestra cómo a partir de las problemáticas planteadas en la formación permanente de los profesores universitarios de ciencias, es requisito necesario para quienes deseen acceder a la formación docente, recorrer un proceso de formación pedagógica no necesariamente centrado en la simple transmisión de nuevas ideas en torno a los problemas de la enseñanza. En esa medida, Campanario cita algunas razones que avalan dicha necesidad:

1. Los programas de formación voluntarios no se ajustan a ninguna regulación general que determine y organice los objetivos y los contenidos. Así pues se constituye esto en una situación atípica similar a la de alguien que se siente enfermo y acude a una instancia que se auto proclama capacitada para curar y allí recibe una medicina que depende no tanto de su patología como del médico que lo atiende.

2. Los profesores que asisten a las actividades de formación han de estar altamente motivados por la calidad de su enseñanza. Estos profesores estarían más interesados y en consecuencia manifestarían unas predisposiciones más positivas en el sentido de querer mejorar algo que en principio entienden no se hace necesariamente del todo mal.

3. Finalmente, debe evitarse la tentación de crear una formación didáctica limitada a cursos generales sobre educación, desconectados de contenidos concretos y de la propia didáctica de las ciencias.

CONCLUSIONES

Haciendo una síntesis de trabajos relevantes sobre la formación de profesores en el ámbito de la Educación Científica, se pueden concluir algunas condiciones o necesidades formativas, las cuales reúnen un conjunto de estrategias significativas en cuanto a la formación de profesores desde la perspectiva de un programa eficaz de formación. Dicha síntesis indica que programas de formación de profesores de esta naturaleza han de tener las siguientes características:

A) Estar planificados en conexión con los problemas que plantea la práctica docente, es decir, dirigidos a comprender que los profesores de ciencias debemos, como diría Bachelard (1938), comprender que a veces no comprendemos. En general, podemos pensar que los profesores de ciencias nos enfrentamos

ante situaciones que no podemos resolver con facilidad o que persisten negativamente a pesar de esfuerzos intencionados que podamos realizar para superarlos. Así pues, se hace necesario que en un programa de formación de profesores, las inquietudes del profesorado sean debidamente tenidas en cuenta, clasificadas y explicitadas, de manera que pueda diseñarse un plan coherente para su tratamiento, usando como referentes las posibilidades teóricas que brinda la Didáctica de las Ciencias.

B) Es necesario que estos programas concedan especial énfasis al conocimiento y cuestionamiento del pensamiento, las actitudes y los comportamientos docentes espontáneos para favorecer la reflexión didáctica, que permita entre otras cosas cuestionar el carácter natural de lo que siempre se ha hecho. En este sentido se hace importante, a la luz de los aportes de la psicología cognitiva y especialmente de los estudios sobre las concepciones alternativas, comprender las intencionalidades de cambio en el aprendizaje de los estudiantes; de igual forma se hace necesario conocer las condiciones tanto actitudinales, como conceptuales y metodológicas que los profesores manifestamos en torno a la enseñanza con el fin de identificarlas, caracterizarlas y debatirlas fundamentada desde el carácter natural de lo que siempre se ha hecho, y para empezar a pensar seriamente en la necesidad de un cambio que arroje nuevas posibilidades de tipo metodológico, conceptual y actitudinal en torno a la enseñanza.

C) Se procura que estos cambios se encuentren referenciados teóricamente en un cuerpo de conocimientos, los de la Didáctica de las Ciencias. No se trata de enseñar nuevas rutinas o nuevas estrategias metodológicas sino por el contrario, entendiendo que la actividad de un profesor de ciencias es una actividad profesional, se hace necesario que los profesores puedan mejorar sus enseñanzas y sus expectativas de desarrollo profesional, apropiándose de los elementos conceptuales desarrollados en la actualidad desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

D) Desarrollar los contenidos del programa en forma de tratamientos de problemas didácticos que se debaten colectivamente en pequeños grupos en un clima de cooperación y colaboración constructiva; se trata de una estrategia metodológica básica de un programa de formación de profesores, centrada en el modelo didáctico de enseñanza por investigación orientada, en la cual debe tenerse en cuenta el papel de los profesores, quienes se consideran en este caso como investigadores noveles de la Didáctica de las Ciencias; por su parte el Director o los Directores del programa de formación han de desempeñarse como líderes de equipos de investigación didáctica. En trabajos precedentes citados por Furió (1994), se muestra

la importancia del trabajo de los profesores en equipos cooperativos que habrán de involucrarse en programas de investigación, y cuyo objetivo es abordar y tratar situaciones problemáticas propias de la Educación Científica y obviamente como se ha referido anteriormente, cuyos resultados se esperan, logren cambios en cuanto a aspectos conceptuales, metodológicos y actitudinales en relación con la enseñanza de las ciencias.

E) En conexión con los principios anteriormente mencionados, es necesario que se favorezcan vivencias de propuestas fundamentadas de innovación y que realmente muestren posibilidades de cambios en la práctica docente habitual, así como habrán de favorecer aprendizajes significativos logrados a partir de la construcción de conocimientos. Así pues se supone, que un cambio explícito a nivel de práctica docente, implica necesariamente un cambio implícito y subyacente a nivel de la epistemología docente. Se trata que las posibilidades reales de innovación estén centradas en conocimientos en nuevas maneras de abordar los conocimientos científicos, nuevas maneras de comprender el problema de la enseñanza de las ciencias, lo que significa necesariamente trabajar en la revisión de estructuras conceptuales previas acerca de la enseñanza de las ciencias y del conocimiento científico, posiblemente abordadas y manejadas por los profesores más por impregnación ambiental que por un esfuerzo conceptual relevante, y que inciden en las acciones que emprenden a través de su práctica docente. Así pues, un factor clave en el desarrollo de un programa de formación de profesores de ciencias, ha de ser el reconocimiento por parte de ellos mismos, de investigaciones e innovaciones en Didáctica de las Ciencias que muestran las posibilidades reales de un cambio didáctico y las ventajas de un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes de conocimientos debidos a orientaciones radicalmente constructivistas.

F) Finalmente se intenta, con todo esto, favorecer la incorporación del profesorado a tareas de investigación e innovación en torno a problemas didácticos planteados. No se trata simplemente de cursos de capacitación o simplemente de actualización docente, sino por el contrario, de familiarizar y vincular a los profesores en el contexto disciplinar de la Didáctica de las Ciencias lo cual, a título de hipótesis, se puede lograr a través de su participación activa y protagónica en un programa de investigación en educación científica como el mencionado anteriormente.

G) En definitiva, un proceso de formación eficaz de profesores de ciencias, debe propender por desarrollar no solo conocimientos científicos y didácticos sólidamente estructurados aunque susceptibles a

modificaciones permanentes (el saber del profesor), sino también conocimientos prácticos que le permitan proyectar y en la medida de lo posible, desarrollar en auténticos trabajos de equipos docentes, adecuaciones curriculares, secuencias de contenidos y diseños de actividades que traten desde la iniciación de las mismas, pasando por su desarrollo y síntesis, hasta la programación, intervención y uso de la evaluación (el saber hacer del profesor). Así mismo, un programa de esta naturaleza debe esforzarse por promover actitudes docentes que favorezcan el desarrollo de ideas y creencias positivas sobre la actividad docente y permitan tomar decisiones fundamentadas sobre la enseñanza acorde con la investigación y la innovación contemporánea en Didáctica de las Ciencias; lo anterior con el propósito de fortalecer y hacer conciencia de la necesidad de poner en escena actuaciones sustentadas en predisposiciones positivas en relación con la actividad científica, con el currículo en ciencias, con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, con la evaluación en ciencias y en general, con el papel de la educación científica (saber ser del profesor).

Así las cosas, tal y como lo sugieren Furió y Carnicer (2002), “desde un marco constructivista, el desarrollo profesional del profesorado se puede concebir como una reestructuración de las creencias, las actitudes y los comportamientos del profesorado sobre la ciencia y la educación científica (cambio didáctico)”. Es posible en consecuencia, comprender que el profesorado de ciencias tiene como común hacer parte de un grupo profesional especializado en educación científica y en consecuencia, es susceptible de comprenderse como colectivo de personas que aprenden permanentemente acerca de la enseñanza y ponen en práctica constantemente nuevas ideas, no solo sobre la enseñanza de las ciencias sino también sobre aplicaciones para el trabajo en el aula. A partir de estas consideraciones podemos referirnos usando la propuesta de Kuhn (1962), a una matriz disciplinar para comprender la educación científica, matriz que se estructura sobre conocimientos relativos a la enseñanza de las ciencias logrados a partir de resultados propios de investigación e indagación en este ámbito del conocimiento y que como se ha destacado a lo largo de las últimas décadas de investigación en Didáctica de las Ciencias, se trata de conocimientos que no surgen de forma acrítica y neutral y por tanto, no se reducen a nuevas tendencias y modas para enseñar ciencias.

Independientemente de la formación profesional base del profesorado, mediante un trabajo sistemático y riguroso apoyado en los avances en formación de docentes de las ciencias, se podrían consolidar auténticos equipos de profesores que desarrollan su práctica docente a partir de trabajos de investigación o innovación en Didáctica de las Ciencias y para ello, es comprensible que esos trabajos deben asumirse a

partir de posturas teóricas precisas tanto sobre el conocimiento científico y la naturaleza del conocimiento científico, como sobre el conocimiento en educación científica; así las cosas, las bases teóricas de estos conocimientos se constituyen en los ejes nodales para que el profesor incorpore nuevos trabajos y fundamentalmente nuevas posturas innovadoras en relación con los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Bachelard, G. (1938). *La formación del Espíritu Científico*. Madrid: Siglo XXI editores. Primera Edición en Español: 1948. Vigésimoquinta edición en Español: 2004.
- Behrendt, H. et al (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.
- 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.
- Campanario, J.M. (2002). Asalto al castillo: ¿A qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 315 – 325.
- Carnicer, J. y Furió, C. (2002). La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio. *Investigación en la Escuela*, 47, 33 – 52.
- 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.
- 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. 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. y Gil, D. (1999). Hacia la formulación de programas eficaces en la formación continuada del profesor de ciencias. En: *Memorias Educación Científica. Congreso iberoamericano de educación en ciencias experimentales. Formación permanente de profesores*, 129-146. España: Edición Servicio publicaciones. Universidad de Alcalá.
- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, G. y Romo, V. (2001). Spanish Teachers' View of the Goals of Science Education in Secondary Education. *Research in Science and Technological Education*.
- Gabel, D. (1994). *Handbook of research on science Teaching and learning*. New York: MacMillan Pub Co.

- Garrett, R.M., Satterly, D.; GIL, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1990) Turning exercises into problems: an experimental study with teachers in training. *International Journal of Science Education*, 12(1), 1-12
- Gil, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 69-77.
- Gil, D., carrascosa, J., Furió, C. y Martínez – Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Gil, D., Furió, C. y Gavidia, V. (1998). El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la escuela*, 36, 49-63.
- Izquierdo, M. (1999). Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 3 – 4.
- Jiménez, M. P. y Sanmartí, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: Objetivos y contenidos en la educación secundaria. En: Del Carmen, L. (Coordinador) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Kuhn, S. T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- 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.
- Lakatos, I. (1978). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- 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.
- Matthews, M.R. (1998). The nature of science and science teaching. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K (Eds). London: Kluwer Academic Publishers.
- Mc. Dermott, L. (1990). A perspective on teacher preparation in physics -other sciences-. The need for special science courses for teachers. *American Journal of physics*, 58(8), 734-742.
- Mellado, V. y González, T. (2000). La formación inicial del Profesorado de Ciencias. En: Perales, F.J. y Cañal, P. (eds) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (Marfil: Alcoy), 535 – 555.
- Munby, H. y Russell, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. En: *International Handbook of Science Education*. Fraser, B. y Tobin, K. (Eds). London: Kluwer academic publishers.
- Mosquera, C.J. (2001) *Concepciones sobre enseñanza, aprendizaje, currículo y evaluación de profesores de química en formación inicial*. Tesina de Investigación. Valencia: Universitat de València.
- Perales, F.J. y Cañal, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Ed. Marfil.
- Porlán, R. (1988). El pensamiento científico y pedagógico de maestros en formación. En: Porlán, R., García, E. y Cañal, P. (Eds) *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Diada: Sevilla.
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *La construcción del conocimiento profesional deseable*. Sevilla: Diada Editores.

- Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (2000) El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. En: Perales, F.J. y Cañal, P. (Editores) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Editorial Marfil: Alcoy, p.363 –388.
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (2000). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.
- Simpson, R.D., Kobala, T.R., Oliver, J.S. y Crawley, F.E. (1994) Research on the affective dimension of science learning. En: *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Gabel, D. (Ed). New York: MacMillan Pub. Co.