

PRIMERA PARTE

SABERES DOCENTES Y FORMACION DEL PROFESORADO DE CIENCIAS: HISTORIA Y FUNDAMENTOS

Capítulo I

Los estudios sobre el profesorado de ciencias

Historia, consolidación y proyecciones

Síntesis

El presente capítulo sintetiza la revisión de la literatura de investigación acerca del conocimiento y la formación del profesorado, procurando introducir una perspectiva histórica que permita situar los avances del campo en el marco del desarrollo más amplio de la Didáctica de las Ciencias. El objetivo es derivar, argumentadamente, las principales tendencias actuales de investigación y formación, reconociendo nuevas proyecciones. El capítulo pretende definir, a partir de la discusión retrospectiva, una plataforma de acuerdos teóricos y líneas de desarrollo emergentes que van configurando fronteras de interés e interrogantes para la configuración del problema de investigación.

I.1. Los estudios sobre el conocimiento y formación del profesorado: breve historia en Iberoamérica

Corría el año 1998 y dos artículos de la Revista Enseñanza de las Ciencias coinciden en señalar a la formación o desarrollo profesional del profesorado como uno de los principales ámbitos o dimensiones de la enseñanza en torno al cual se configuran los desafíos futuros de la Didáctica de las Ciencias. En uno de los artículos, Francisco Romero Ayala (1998), señala la necesidad de trascender el problema de la formación inicial y permanente del profesorado desde un enfoque evolutivo y continuo que atienda el carácter contextual, organizativo y orientado a procesos de mejora de la formación.

El segundo artículo, de Rafael Porlán (1998), propone al diseño y evaluación de nuevos modelos de formación como un eje prioritario para el desarrollo futuro del campo, en el marco de una de las líneas de investigación más pujantes de la década: los estudios relacionados con el profesor de ciencias.

Ambos artículos, por la extensa revisión bibliográfica que ofrecen, contribuyen a comprender cómo el desafío de los '90 parece ir configurándose en torno a descifrar las

claves del desarrollo profesional del profesorado de ciencias. Estamos ante un punto de inflexión que señala el desplazamiento de un programa de investigación centrado en lo que piensa y hace el alumno hacia lo que piensa y hace el profesor y su papel en la formación inicial y continua (Porlán, 1998).

Una muestra de esta historia reciente, en el seno de la también reciente historia de la Didáctica como disciplina, es la revisión que aporta Brincones (en Perales, et al., 2004). La autora relata los resultados de una serie de estudios llevados a cabo en la última década del siglo pasado a fin de determinar campos de estudio y líneas prioritarias de investigación. Es recién en 1987, cuando un estudio de Linn, señala el interés por construir un nuevo punto de vista sobre la enseñanza y el papel del profesor. Esta incipiente línea se ve fortalecida en la posterior sistematización española (Furió y Gil, 1989, citado por Brincones, en Perales, et al., 2004) desde la preocupación por iniciar estudios sobre las concepciones científicas y didácticas del profesorado y su papel en la formación inicial y permanente.

Un poco más adelante en el tiempo, ya entrada la década de los 90, se reconocen algunos logros en torno al estudio de las concepciones de los profesores y el fortalecimiento de la investigación sobre las estrategias formativas que favorecen su cambio y evolución. Del mismo modo, la revisión de publicaciones científicas en Didáctica de las Ciencias, da cuenta de que la formación del profesorado aparece como tema nuevo de investigación promediando los años 90, con un pequeño porcentaje de artículos en la Revista *Enseñanza de las Ciencias* (Brincones, en Perales, et al., 2004).

Ahora bien, ¿cómo es que el conocimiento y la formación del profesorado han llegado a constituirse en objeto de estudio de la Didáctica de las Ciencias?

1.1.1. La Nueva Filosofía de la Ciencia y la crítica a los modelos eficientistas

Una condición histórica clave en este proceso es la *crisis de las tendencias científicista y tecnológica*, alentada por la Nueva Filosofía de la Ciencia¹ hacia finales de los años 70 e inicios de los 80. Los ideales de objetividad, neutralidad y verdad, ceden paso a la preocupación por el significado de los sujetos y los enfoques holísticos y situacionales

¹ Khun (1989), Toulmin (1972), Feyerabend (1975), Lakatos (1978), entre otros son los principales representantes de la Nueva Filosofía de la Ciencia y encarnan la crítica al positivismo y creencias asociadas (realismo, absolutismo, inductivismo)

de investigación. Se inaugura, así, una perspectiva más fenomenológica sobre la enseñanza y el aprendizaje. Como consecuencia, la Didáctica de las Ciencias comienza a evolucionar desde ser un conjunto de prescripciones curriculares a tener en cuenta las variables mediadoras que intervienen en los sistemas educativos. Entre ellas, el profesor de ciencias, cobra especial relevancia y la investigación se orienta a conocer cuáles son sus necesidades formativas y qué factores pueden influir en una continua preparación para el cambio didáctico (Furió, 1994; Porlán, 1998).

Estas nuevas orientaciones de investigación convergen, también en los 90, con la crítica al enfoque proceso-producto que venía presidiendo los estudios sobre formación del profesorado desde el campo de las ciencias de la educación. Se cuestiona, ahora, la excesiva preocupación por tipificar el comportamiento del *buen profesor* a fin de adiestrar, a través de cursos, a los futuros docentes (Furió, 1994; Furió y Carnicer, 2002; Guisasola y Morentin, 2007; Vilches y Gil, 2007).

Además, esta condición histórica, vinculada con el movimiento llamado Nueva Filosofía de la Ciencia, es el contexto de una segunda renovación. Nos referimos a la reformulación del interés por una formación que enfatiza el adecuado conocimiento de la materia a enseñar. Las investigaciones comienzan a demostrar la necesidad formativa de situar la estructura actual del entramado teórico de cada disciplina en el conocimiento de la historia y epistemología de la ciencia y sus relaciones con la enseñanza (Furió, 1994).

1.1.2. La consolidación de la perspectiva constructivista y el programa reflexivo

Una segunda condición histórica se asocia a la madurez y consolidación alcanzada, durante los años 80, por los *estudios de las teorías implícitas de los estudiantes* que conduce, en la siguiente década, a ampliar la perspectiva constructivista sobre el estudio del pensamiento del profesorado. Esta preocupación por las creencias acerca del conocimiento científico y la enseñanza de las ciencias se fundamenta, en parte, en el interés por las implicancias que éstas tienen en la formación del profesorado.

De este modo, se abre paso a investigaciones que se ocupan de las relaciones entre: a) conocimiento pedagógico y formación científica; b) concepciones docentes y epistemológicas y c) innovación en la enseñanza y desarrollo de un currículo adecuado

de ciencias (Baena Cuadrado, 2000; Sánchez Blanco y Valcárcel Pérez, 2000; Feldman, 2004). La epistemología docente comienza a concebirse aquí como componente principal en el análisis de los obstáculos para la innovación didáctica y punto de partida para nuevas construcciones (Furió y Carnicer, 2002; Guisasola y Morentin, 2007).

Al respecto, una cita de Carles Furió (1994:192), sintetiza el gran objetivo de la investigación en Didáctica de las Ciencias a mediados de los años 90:

“...habrá que diseñar y experimentar estrategias de formación inicial y permanente que favorezcan un trabajo colectivo y que conduzcan a los propios profesores en formación o en activo, a partir del análisis de sus propias concepciones, a ampliar sus recursos y a modificar sus perspectivas y, en definitiva, a orientar su propia formación como un cambio didáctico que también sea a la vez conceptual, metodológico y actitudinal pero aplicado a la enseñanza”.

Trascendiendo por un momento el contexto iberoamericano y en el marco de la evolución de la Didáctica general, una tercera condición acompaña la evolución que venimos relatando: *el programa reflexivo*. Desde los años 70, los estudios eficientistas² orientados a medir la correlación entre las acciones o comportamientos docentes y el rendimiento de los alumnos ceden espacio a nuevas convicciones. En primer lugar, se asume que no es posible analizar la enseñanza sin estudiar el papel constructivo y mediador que ejercen las creencias, teorías y representaciones de maestros y profesores (Feldman, 2004; Bolívar y Bolívar, 2011). En segundo lugar, se afirma que la *reforma de la formación del enseñante* depende del progreso que se logre en la *comprensión de su pensamiento* y de las articulaciones que se propongan en el estudio de ambos aspectos (Wittrock, 1990).

En este marco, la evolución de los programas de investigación transita desde perspectivas racionalistas de toma de decisiones hacia estudios sobre esquemas, rutinas o teorías de los profesores que han tenido especial influencia en las orientaciones didácticas preocupadas por el currículo y la formación docente. Esta tendencia, como sostiene Feldman (2004) enfatizó el desarrollo de competencias y actitudes en el profesorado tales como la capacidad reflexiva y la posición investigativa.

² Para ampliar consultar Wittrock, (1990) La investigación en la enseñanza III. Barcelona: Paidós.

Sabemos que la figura del profesor reflexivo es antigua en los debates sobre educación. La búsqueda de antecedentes puede remontarse a los trabajos de Dewey en los años 30, pero es Donald Schön (1992, 1995) quien ha revitalizado y conceptualizado más explícitamente esta noción, iluminando numerosos estudios y modelos de formación en todo el mundo (Perrenoud, 2007).

Complementariamente, esta imagen del profesorado reflexivo, se ve alentada por el paradigma de la investigación sobre la práctica, instalado por Lawrence Stenhouse y John Elliott en los años 70 y profundizado por Stephen Kemmis y Wilfred Carr desde comienzos de los 80 (Bausela Herreras, 2004).

Profesional reflexivo, actitud investigativa y, finalmente, el concepto de desarrollo profesional son las aristas del triángulo que termina de dar forma a una reciente evolución de la investigación educativa que tiene por objeto los escenarios y procesos de formación docente. La noción de desarrollo profesional y profesionalización del oficio de enseñante introducen una perspectiva que, coherente con las anteriores, sitúa el carácter biográfico, evolutivo y situacional del conocimiento del profesorado, al tiempo que destaca el protagonismo y autonomía docente en el proceso de construcción de los saberes profesionales (Rocha y Fiorentini, 2006, Perrenoud, 2007).

Tardif (Canadá), Hargreaves (EE.UU), Cochram-Smith (EE.UU), Lytle (EE.UU.), Larrosa (España) e Imbernón (España) son algunos de los principales exponentes de la investigación en esta perspectiva, que traduce el reconocimiento de la complejidad de la práctica pedagógica y de los saberes docentes, definiendo una formación, que además de ser académica, involucra el desarrollo personal, profesional y organizacional de la profesión docente.

Aunque en los 90 los estudios latinoamericanos acerca de la formación docente son aún escasos y marginales, la perspectiva reflexiva instala una forma diferente de hacer investigación educativa: un nuevo enfoque se funda desde la creación de puentes entre investigación y práctica de enseñanza, la apertura a referentes teóricos múltiples, el interés especial por los sujetos de la investigación como portadores de saberes y la reconstrucción de una metodología de la reflexión sobre la propia práctica (Messina, 1999).

1.1.3. Los movimientos de reforma y la crisis de la Educación Científica

Retornando ahora sobre el ámbito específico de la Didáctica de las Ciencias, una cuarta condición histórica se relaciona con el *movimiento de reforma curricular* que se inicia en todo el mundo en la década del 80. Las preocupaciones curriculares anteriores a esta fecha estaban orientadas a la adquisición de conocimientos científicos en términos de teorías, conceptos y procesos.

Hacia los años 80 y 90, en cambio, no sólo gana terreno la orientación constructivista, sino también el modelo denominado *alfabetización científica* y los esfuerzos curriculares se dirigen a incluir las relaciones entre producción en ciencias y aspectos sociales y tecnológicos. En este contexto, pronto comienzan a emerger las dificultades asociadas a la implementación de los cambios curriculares, entre las que se reconocen al menos tres relacionadas con el profesor de ciencias:

- a) los profesores no son considerados como sujetos activos y responsables en estos procesos de reforma, conservando una mirada técnica sobre la acción docente que se limita a la aplicación de los nuevos principios o estrategias;
- b) los profesores no se conciben a sí mismos como profesionales que pueden y deben tomar decisiones acerca de fines, contenidos y estrategias de enseñanza;
- c) los profesores no son fácilmente permeables a las propuestas y reflexiones de los investigadores, dado que tienen concepciones sobre la enseñanza que actúan como obstáculos internos para el cambio y la innovación (Copello Levy y Sanmartí, 2001).
- d) los modelos de formación vigentes incurren en una serie de *descuidos* claves que explican, en parte, su fracaso: no considerar las distancias entre el saber declarativo, el saber que orienta la acción y lo que efectivamente hace el profesor cuando enseña; y el descuido de la influencia de los *estereotipos sociales dominantes* acerca de la enseñanza y aprendizaje escolar que permanecen arraigados como fundamentos ocultos de las prácticas docentes (Jiménez Pérez y Wamba Aguado, 2003).

Al respecto, la propia investigación didáctica comienza a asumir la importancia del papel del profesorado en la implantación de las reformas, en tanto mediador entre los objetivos del currículum y la práctica de aula (Maiztegui, González, Tricárico, Salinas, Pessoa y Gil, 2000; Copello Levy y Sanmartí, 2001; Mellado, 2003; Guisasola y Morentin, 2007). En el contexto internacional, se reconoce al II Simposium sobre

errores conceptuales en ciencias y matemáticas celebrado en 1987 en Cornell University como el hito que señala este punto de inflexión (Furió, 1994).

Recursivamente, la constatación de estas distancias entre diseño e implementación, ponen en evidencia que los modelos de enseñanza poseen un carácter sistémico frente a lo cual los esfuerzos de innovación pierden eficacia cuando se proponen como aportes puntuales y desligados, reducidos a un listado de instrucciones y nociones (Maiztegui, et al., 2000). En este marco, se traslada el interés a la necesaria articulación de conocimiento teórico y práctica docente, superando los clásicos modelos sumativos de formación del profesorado.

Tanto los movimientos de reforma como el nuevo paradigma de alfabetización se vinculan, además, con lo que algunos autores llaman *crisis de la educación científica*, evidente en el creciente desinterés y rechazo de los estudiantes por el estudio de las ciencias (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Maiztegui, et al., 2000; Hodson, 2003; Osborne, en Osborne, Pajares, Puente, González, Rojo, Sánchez y Gómez, 2006). Podría pensarse a este fenómeno como una quinta condición histórica que, articulada a la anterior, resume una red de factores entre los que pueden citarse: a) la revolución comunicacional en procesos de divulgación científica, b) la crisis de la escuela como fuente primera de conocimiento, c) las demandas de una sociedad de la información y el conocimiento múltiple, d) los nuevos formatos y medios de acceso a la información, e) la configuración actual de la cultura de los jóvenes, f) la extensión de un paradigma de ciencia elitista asociada a metas educativas propedéuticas, g) el reconocimiento de la educación científica como factor esencial del desarrollo de los países, entre otros.

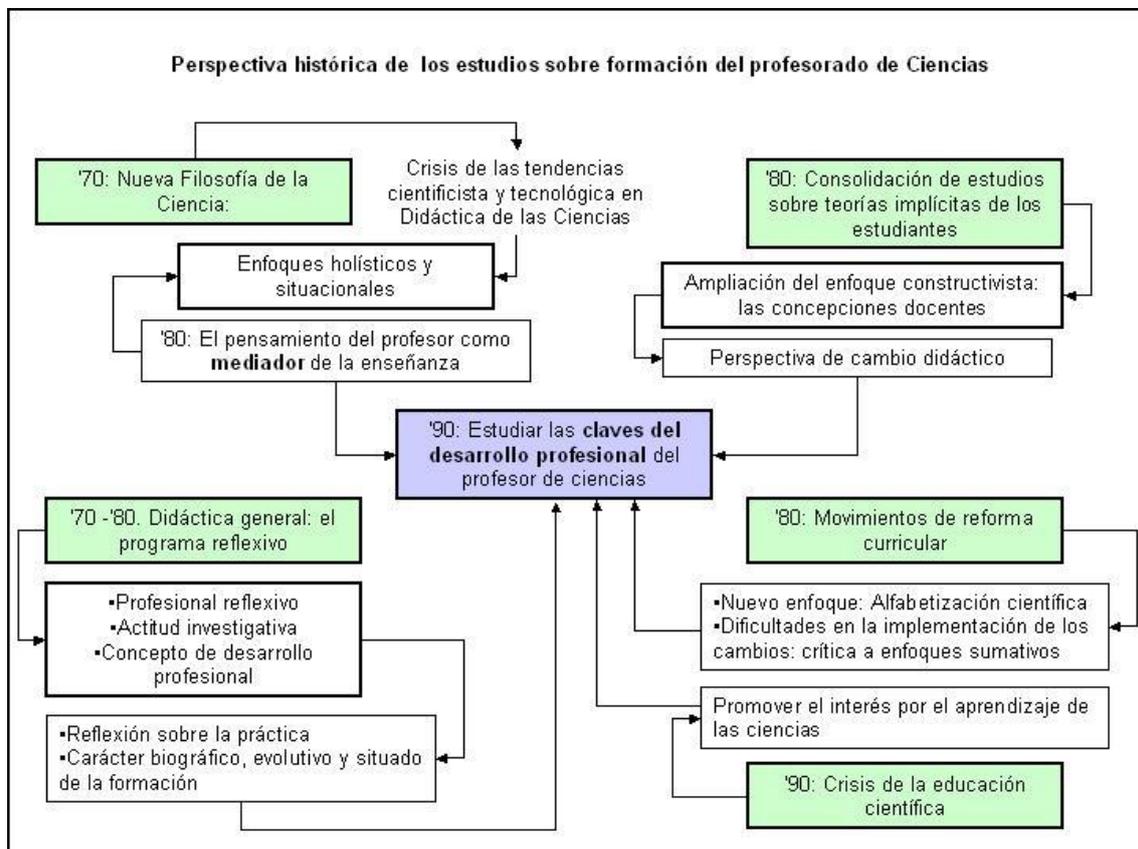
Algunas muestras de esta preocupación por la renovación de la enseñanza y la formación del profesorado se sintetizan en documentos (informes internacionales, manuales y handbooks) de asociaciones profesionales, grupos de investigación e instancias ministeriales que han teñido el debate educativo en los últimos 15 años. Entre ellos pueden mencionarse: la Declaración de la XV Conferencia Iberoamericana de Ministras y Ministros de Educación en 2005; los National Science Standards en USA de 1995; el informe 2007 de la Comisión Europea, el Handbook of Research on Science Teaching and Learning de 1994, los trabajos de Anderson y Mitchener en 1994, o de la National Academy of Science en 1995, así como los trabajos de Perales y Cañal en el

año 2000 o de Gil Pérez y el equipo de Macedo en 2005, por citar sólo algunos ejemplos (Vilches y Gil, 2007)

En síntesis, se asiste en los 90 a una creciente preocupación por nutrir las perspectivas acerca de la formación del profesorado con el amplio espectro de resultados que la investigación en Didáctica de las Ciencias viene desarrollando. Este movimiento habla, a las claras, de la maduración de la disciplina hacia una condición de *enseñabilidad*. Dicha condición, como señalan Adúriz Bravo e Izquierdo (2002), es uno de los argumentos para afirmar la consolidación de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo teórico y comunidad académica.

A continuación presentamos un esquema de síntesis de las condiciones históricas desarrolladas, en términos de una convergencia que explica complementariamente el surgimiento y vigorización de los estudios sobre el conocimiento y la formación del profesorado de ciencias (Figura I.1.).

Figura I.1. Estudios sobre el conocimiento y la formación del profesorado de ciencias. Condiciones históricas de su emergencia



Para terminar, es interesante señalar cómo la reconstrucción de este devenir histórico permite referir también a la evolución de los modelos de formación del profesorado en ciencias. Como ya hemos anticipado, el reciente pero progresivo desarrollo del campo de estudio que nos ocupa supone una fuerte crítica a tendencias que han presidido las tradiciones de formación de profesores de ciencias en Iberoamérica. Asimismo, abre la discusión sobre alternativas de complejización cuyo desarrollo presentaremos a continuación.

I.2. La formación como cambio didáctico: hacia una complejidad holística y evolutiva

Las condiciones históricas reseñadas precedentemente proponen una serie de preguntas que contribuirán a definir los contenidos y sentidos de las tendencias actuales en formación del profesorado de ciencias en Iberoamérica:

- ¿Cómo contribuir desde la formación docente a la apropiación significativa de propuestas de renovación pedagógica? ¿Cómo formar en una Didáctica de las Ciencias recientemente consolidada?
- ¿Qué significa atender a la problematización del pensamiento docente espontáneo desde una perspectiva de cambio didáctico en los procesos formativos?
- ¿Cómo formar profesores de ciencias capaces de formular respuestas teórico – prácticas pertinentes a los retos de la actual crisis de la Educación Científica?
- ¿Qué implica el diseño de modelos de desarrollo profesional que instalen una perspectiva de reflexión, indagación e investigación respecto de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias?
- ¿Cómo los desarrollos actuales en Historia y Filosofía de la Ciencia pueden contribuir a definir la naturaleza epistemológica de los modelos de formación?
- ¿Cómo poner en evidencia las limitaciones y contradicciones de las tendencias dominantes a fin de debilitar su hegemonía?
- ¿Cuál es el modelo de profesor y de saber profesional que subyace a las nuevas tendencias? ¿para qué modelo de educación se proponen las innovaciones en formación de profesores de ciencias?

Tras estos interrogantes subyace un elemento en común: la convicción de que los procesos de formación han de promover, no sólo el reconocimiento y explicitación de los modelos didácticos personales de profesores y futuros profesores, sino también su progreso hacia modelos más evolucionados. En este marco, emerge la noción de *cambio didáctico* como concepto *polisémico* clave. Creemos que sus sentidos requieren ser clarificados para avanzar en la comprensión de las tendencias actuales en formación del profesorado de ciencias. Con esta intención, apelamos al recorrido propuesto por Vicente Mellado (2003) quien problematiza la noción que nos ocupa, apelando a una analogía con las principales escuelas de pensamiento en el campo de la Filosofía de la Ciencia. Este recorrido dará cuenta de cómo el progreso en el estudio de la naturaleza de los saberes docentes y sus posibilidades de cambio retroalimentan la evolución de los modelos de formación docente.

1.2.2. El reduccionismo academicista y el racionalismo instrumental

Una alternativa de definición del concepto de cambio didáctico, hoy ampliamente cuestionada, es aquella que sostiene que los profesores *cambian* gracias a la *transmisión* de conocimiento experto, que desde una racionalidad técnica prescribe cuál es la mejor forma de enseñar. Claramente, este enfoque se sostiene en una perspectiva absolutista del conocimiento didáctico, disciplinar y académico y en una relación lineal -aplicacionista entre teoría y práctica. Es la alternativa que Vicente Mellado (2003) ubica como análoga de los modelos positivistas del progreso científico fundado en una serie de teorías y hechos *verdaderos* y su verificación efectiva en la aplicación de una metodología rigurosa, objetiva y universal.

Se asiste, generalmente, a un *reduccionismo epistemológico academicista* desde la valoración exclusiva del conocimiento disciplinar como el único relevante en la promoción de procesos de cambio en el profesor de ciencias. Mientras, la dimensión educativa se concibe como un añadido externo de carácter periférico en relación con el núcleo disciplinar principal. Estos modelos de formación enciclopédicos caen en la tentación de creer que una sólida formación científica, *sumada* a la transmisión del conocimiento pedagógico y didáctico, es suficiente para alcanzar una buena formación docente. Se sobredimensionan, de este modo, los aportes de la teoría reduciendo la complejidad de la práctica (Jiménez Pérez y Wamba Aguado, 2003).

Las investigaciones actuales convergen en una fuerte crítica a estos modelos sumativos basados en la confianza (infundada) sobre la capacidad *espontánea* de los profesores de integrar estos conocimientos a sus modelos de enseñanza. Además, se critica la extensión de los abordajes en detrimento de su profundidad, en base a un formato expositivo que propone formas estándar de resolver los problemas de enseñanza. Como se advierte, prima una perspectiva de descontextualización del saber que termina por reforzar el pensamiento docente de sentido común (Furió, 1994; Sanmartí, 2001; Copello Levy y Sanmartí, 2001; Jiménez Pérez y Wamba Aguado, 2003; Porlán, 2003; Tardif, 2004; Vilches y Gil, 2007; Guisasola y Morentin, 2007; Carrascosa, Martínez, Furió y Guisasola, 2008).

Cuando, además, se reconoce la dimensión práctica del conocimiento profesional y el saber académico se traduce en un conjunto de competencias técnicas, el modelo adolece de un *reduccionismo epistemológico, racionalista e instrumental* (Porlán y Rivero, 1998). Se enfatiza, de este modo, el componente empírico y algorítmico que lo acerca análogamente a los modelos positivistas del conocimiento.

La contracara de estos modelos, y no por ello menos reduccionista, es el denominado *espontaneísmo* en la formación. En esta opción prima el saber fenomenológico basado en la experiencia y sólo se reconoce la dimensión práctica del conocimiento profesional (Sanmartí, 2001). El cambio se concibe por la sucesiva adquisición de pautas y guiones de actuación en un proceso de retroalimentación circular de la propia intervención profesional que se nutre a sí misma. Como señalan Porlán y Rivero (1998) estamos frente a un *inductivismo ingenuo* que concibe a la teoría como mera especulación, ya que el conocimiento profesional se infiere de la realidad y se adquiere en la experiencia. Esta visión complementa, además, un *relativismo extremo* que declara la *inutilidad* de teorías y técnicas didácticas dada la fuerte dependencia de cada contexto.

El principal problema de este enfoque es su componente de *conservación*, ya que repite y fortalece los modelos de enseñanza heredados en el proceso de adaptación a la cultura escolar y profesional dominante. Estos modelos no logran provocar la ruptura epistemológica y didáctica necesaria para que emerja un conocimiento profesionalizado, crítico y transformador (Porlán y Rivero, 1998). Este último aspecto es el que comienza a convertirse en preocupación explícita de modelos más complejos que desarrollaremos a continuación.

Desde una perspectiva crítica, las que hemos descripto son concepciones hegemónicas acerca de la formación del profesorado que, tras modelos absolutistas y tecnológicos, terminan por limitar y restringir la profesionalidad docente. Como veremos, esta misma perspectiva crítica fundamentará nuevas tendencias centradas en los principios de autonomía, diversidad y negociación rigurosa y democrática (Porlán y Rivero, 1998).

1.2.3. De la insatisfacción a la discusión de alternativas. El cambio como competencia

Una segunda alternativa sostiene el absolutismo respecto del saber experto pero progresa en incorporar la consideración de concepciones y prácticas docentes. Nos referimos a modelos de cambio por *insatisfacción* frente a las nuevas aportaciones de la investigación educativa. La idea que subyace es un cambio por contradicción, rechazo y sustitución, definiendo nuevamente la supremacía del saber académico. En el esquema de Mellado (2003), este modelo se define por analogía con el *realismo crítico popperiano* que define el progreso científico por procesos de falsación de teorías a través de sucesivas conjeturas y refutaciones.

Son amplísimas las referencias al riesgo que reside en la insatisfacción y desajuste excesivo entre las expectativas que se construyen en el ámbito de formación y la práctica de los profesores. Este tipo de modelos de formación caen en el riesgo de promover estados de frustración, culpabilidad o desánimo entre los participantes que terminan obstaculizando los procesos de cambio (Copello Levy y Sanmartí, 2001; Sanmartí, 2001; Mellado, 2003).

Estas perspectivas han cedido paso a concepciones sobre el cambio didáctico que reconocen el valor de complementar el análisis crítico de posiciones y prácticas iniciales con la discusión de *alternativas viables* (Furió y Carnicer, 2002; Carrascosa, et al., 2008). Este sentido de *competencia* entre teorías personales y nuevos enfoques permite definir una nueva analogía: Vicente Mellado sitúa ahora la perspectiva de Lakatos acerca del progreso científico como fuente de analogías en la comprensión de este modelo.

En este punto, el aporte quizás más significativo sea el reconocimiento de la complejidad de los procesos de cambio didáctico en el que intervienen numerosos factores que lo obstaculizan o dificultan. La consolidación histórica de modelos

didácticos, su coherencia interna (metas, supuestos, práctica docente) y las concepciones adquiridas en forma no reflexiva, definen lo que podemos llamar *núcleos duros o resistentes al cambio*. Consideramos que esta noción es un aporte clave en la comprensión de los procesos de cambio profesional y su consolidación (Vázquez Bernal, Jiménez y Mellado, 2007; Jiménez, Vázquez y Mellado, 2008).

Al respecto, es ampliamente reconocida entre los especialistas la meta de *explicitar y cuestionar el pensamiento docente espontáneo*. Se comprende que profesores y futuros profesores tienen ideas, actitudes y creencias que han construido a lo largo de su propia formación como estudiantes de forma no reflexiva y que pueden llegar a constituirse en los principales obstáculos para el cambio didáctico (Furió, 1994; Maiztegui, 2000; Furió y Carnicer, 2002; Guisasola y Morentin 2007).

Esta convicción es la que ha motivado, en parte, los numerosos estudios acerca del pensamiento del profesor a los que ya hemos referido. Sabemos que hoy la investigación didáctica está preocupada por integrar significativamente estos resultados en la formulación, desarrollo y evaluación de modelos de formación del profesorado de ciencias (Gil, 1994; Porlán, Rivero y Del Pozo, 1997; Mellado, 2001; Jiménez Pérez y Wamba Aguado, 2003; Campanario, 2003; Perafán, 2005). Los esfuerzos se orientan, actualmente, a crear escenarios formativos donde sea posible articular el cuestionamiento de concepciones docentes en torno a los problemas que plantea la enseñanza de contenidos de ciencias en el ámbito escolar (Maiztegui, 2000; Vilches y Gil, 2007; Rivarosa, Cardelli y Astudillo, 2007; Astudillo, Rivarosa y Ortiz, 2007; Astudillo, Rivarosa y Ortiz 2008a, 2008b).

1.2.4. Hacia una perspectiva holista sobre el cambio didáctico

En esta complejización de la noción de cambio en el profesorado, emergen aquellos enfoques que reconocen la interrelación de aspectos personales y sociales como factores que requieren de una lectura global. Son las nociones de contextualización y cambio holista que Vicente Mellado (2003) propone desde la analogía con la noción de cambio de paradigma de Thomas Kuhn.

La comparación propuesta no retoma, en este caso, la concepción de cambio radical o revolucionario pero contribuye a situar en el centro de la escena la participación de

componentes motivacionales y afectivos en la consolidación de los procesos de renovación. Del mismo modo, la contextualización del cambio enfatiza su naturaleza colectiva y los condicionantes y posibilidades que impone la cultura de la comunidad de profesores y del centro educativo involucrado (Copello Levy y Sanmartí, 2001).

Estos aspectos son especialmente considerados en aquellos modelos de formación que apuestan por una perspectiva de indagación o investigación sobre la práctica en el seno de grupos de profesores comprometidos en procesos de renovación pedagógica (Abell, 2000; Furió y Carnicer, 2002; Porlán, 2003; Duhalde, 2007). El apoyo mutuo y la contribución activa a la construcción de un cuerpo común de conocimientos fortalecen, desde esta perspectiva, comunidades de práctica con alto potencial formativo.

Se destaca como componente central la asunción de una perspectiva dialógica del cambio que privilegia los espacios de trabajo compartido para el análisis de problemas y la elaboración y ensayo de propuestas alternativas. El abordaje colaborativo y continuado permitiría superar las visiones fragmentarias y generales que suelen caracterizar la reflexión individual (Maiztegui, 2000; Guisasola y Morentin, 2007).

En términos generales, estas tendencias de formación se fundamentan fuertemente en perspectivas socio-constructivistas que redefinen la noción de Zona de Desarrollo Próximo para explicar y construir condiciones de aprendizaje profesional (Sanmartí, 2001; Copello Levy y Sanmartí, 2001, Vázquez Bernal, et al., 2007). Estas perspectivas enfatizan el proceso de reestructuración y construcción de significados basados en la interacción y el contraste con otras ideas y experiencias con potencialidad formativa. Asimismo, articula las variables internas y externas que intervienen en la génesis del conocimiento, así como las relaciones entre su dimensión individual y social (Porlán, 2003).

Además, comienzan a introducir una visión *participativa* del profesor en la construcción del conocimiento didáctico a través de la desnaturalización progresiva de sus prácticas habituales y los argumentos y finalidades que las sostienen. El profesor es ahora concebido como un aprendiz pero también como un investigador e innovador. Ésta sería una alternativa para superar el carácter impuesto de las nuevas propuestas o la naturaleza autoritaria de reformas concebidas como lineamientos externos, recuperando los saberes, necesidades e intereses formativos del profesorado (Maiztegui, 2000; Furió

y Carnicer, 2002; Guisasola y Morentin, 2007)³ y fortaleciendo su autoestima (Copello Levy y Sanmartí, 2001, Vázquez Bernal, et al., 2007).

Existen múltiples propuestas en este sentido que plantean reformas radicales en los modelos vigentes de formación del profesorado. Para la formación permanente, la alternativa más extendida se sintetiza en la metáfora de los *investigadores noveles* que, como miembros de una comunidad de investigación – innovación, se forman con el apoyo de coordinadores u orientadores expertos. Por su parte, en el ámbito de la formación inicial se destacan las propuestas que redefinen los espacios de práctica profesional como núcleos integradores de los diferentes aspectos de la formación (Furió, 1994; Abell, 2000; Maiztegui, 2000; Sanmartí, 2001; Copello Levy y Sanmartí, 2001; Furió y Carnicer, 2002; Vilches y Gil, 2007, Vázquez Bernal, et al, 2007; Carrascosa, et al., 2008).

Ahora bien, más allá del detalle de cada una de las opciones que la innovación didáctica ha producido, en general coinciden en las siguientes características: a) se conciben en íntima relación con la práctica docente, b) se orientan a favorecer la vivencia de las propuestas innovadoras en instancias de reflexión epistemológica, psicopedagógica y didáctica explícita, y c) se proponen incorporar al profesorado en procesos de investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias (Furió, 1994; Copello Levy y Sanmartí, 2001; Furió y Carnicer, 2002; Maiztegui, 2000; Vilches y Gil, 2007; Perrenoud, 2007).

Retomando la analogía propuesta con la teoría kuhniana, puede derivarse una última caracterización del cambio que refiere ahora a la dimensión del *lenguaje*. En este sentido, se reconoce el carácter metafórico y simbólico de los significados que los profesores construyen acerca de la enseñanza y cómo la posibilidad de formular nuevas metáforas al respecto es un indicador clave de los componentes implícitos que sustentan procesos de cambio didáctico (Mellado, 2003). De este modo, se fundamenta el énfasis

³ Por supuesto, el tratamiento en profundidad de la problemática a la que se alude requiere de la discusión de aspectos contextuales que exceden a esta tesis. Nos referimos a las condiciones de trabajo docente, la valoración institucional de los esfuerzos de formación, las normativas vigentes, los procesos de transformación de las instituciones de formación de profesores, los programas ministeriales de reforma, la identidad de los colectivos de profesores, etc. Al respecto, puede consultarse: Tenti Fanfani, E. (2005) *la condición docente. Análisis comparado de la Argentina, Brasil, Perú y Uruguay*. Buenos Aires. Siglo XXI Editores. CLACSO (2005) *Las reformas educativas en los países del Cono Sur. Un balance crítico*. Buenos Aires: CLACSO.

otorgado al estudio del discurso del profesor de ciencias con intención de avanzar en la comprensión de la diversidad epistemológica que coexiste en su pensamiento desde un enfoque que recupera la configuración metafórica de la cognición.

Esta preocupación por el contenido del pensamiento, o los *significados* construidos por los sujetos, supone un componente principalmente *semántico*, en el marco de lo cual, resulta valioso profundizar en los enunciados de maestros y profesores. Sean principios de acción, metáforas o justificaciones elaboradas reflexivamente, siempre serán expresión de su repertorio personal de conocimientos y creencias. Esta es una convicción fundamental de los modelos de formación que, centrados en una perspectiva construccionista del aprendizaje profesional, asumen que los sujetos mediatizan y construyen la problemática de la enseñanza a partir de los significados e interpretaciones que crean, en el marco de una relación directa entre mundo, pensamiento y palabra (Feldman, 1992; Potter, 1996, citado en Cubero, 2005).

1.2.5. Los paradigmas evolucionistas

Hasta aquí hemos reseñado una evolución que culmina en la consolidación de modelos de formación orientados a la interacción reguladora entre teoría y práctica. Éstos formulan, como claves de formación, la reflexión, indagación e investigación profesional, que trata de articular relaciones constructivas entre el saber formalizado y el saber hacer profesional. Nos referimos a un modelo de profesor capaz de reflexionar en la acción, sobre la acción y sobre la reflexión en la acción y desarrollar un conocimiento profesional que emerja de la práctica útil y comprensivo para facilitar su transformación (Perrenoud, 2007).

Estas perspectivas se nutren de amplísimos desarrollos entre los que se destaca la concepción de desarrollo profesional de Fenstermacher (1986, citado en Porlán y Rivero, 1998). El autor propone un saber práctico de referencia, fruto de la integración conciente entre saberes formalizados -producidos por la investigación académica- y saberes contextuales adquiridos a través de la experiencia cotidiana, en las interacciones de la vida del aula. En síntesis, es un enfoque fundado en la construcción de un argumento práctico que se nutre o se conforma con el aporte del conocimiento académico, en el marco del cual éste adquiere la significación y relevancia necesaria

para ser utilizado como herramienta de interpretación y orientación de la acción (Porlán y Rivero, 1998).

Numerosas investigaciones han sistematizado estas orientaciones con diferentes denominaciones y matices que, por las similitudes o acuerdos, podemos incluir aquí: modelo investigativo, modelo implicativo, modelo innovador y constructivista, enfoque reflexivo, etc. (García Díaz, 1986; Pérez Gómez, 1992; Yus, 1993; Furió, 1994, citados en Porlán y Rivero, 1998).

Pero esta síntesis es aún incompleta. Los enfoques desarrollados enfatizan las circunstancias y principios formativos que habilitan la posibilidad del cambio didáctico pero no logran dar debida cuenta de su naturaleza. A tal fin, proponemos una última analogía: son las teorías o paradigmas evolucionistas (Toulmin y Laudan) acerca del cambio científico las que parecen ofrecer mejores posibilidades para comprender la naturaleza continua, evolutiva y gradual del cambio didáctico (Mellado, 2003).

Lo que se propone es la superación de las visiones de cambio por sustitución, tan extendidas en modelos tradicionales. En cambio, se comprende que los profesores poseen *tendencias* más que modelos puros y que éstas evolucionan incorporando elementos nuevos que coexisten con significados anteriores implicando, incluso, contradicciones parciales.

Los procesos de cambio didáctico, partirían de modelos tradicionales, pasando por niveles intermedios de problematización de la práctica de enseñanza (modelos espontaneísta y tecnológico) con una orientación que tiene como nivel superior de referencia los modelos alternativos más innovadores. De este modo, el *conocimiento profesional deseable* es considerado un sistema de ideas en evolución, que permite una gradación de lo simple a lo complejo (Porlán, 2002).

Esta es la concepción evolutiva del cambio o desarrollo profesional del profesorado que sostiene el equipo de Rafael Porlán (2002) y que se traduce en lo que denominan *hipótesis de progresión*. Esta construcción teórica resulta clave para la práctica de formación en tanto ofrece una hipótesis de qué obstáculos pueden estar impidiendo el tránsito hacia concepciones cada vez más evolucionadas acerca de la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. En este marco, el conocimiento de las concepciones no sólo nutre el diseño de formación sino que se convierte en el eje vertebrador del proceso

formativo (Jiménez Pérez y Wamba Aguado, 2003; Vázquez Bernal, et al., 2007, Jiménez, et al., 2008).

Resulta clave además, que estos modelos introducen, quizás con más fuerza que los anteriores, el reconocimiento de la diferenciación epistemológica del conocimiento profesional docente, concebido como resultado de la integración de saberes múltiples (Porlán, 2002). Tal como sostiene Porlán (2002:275) los modelos evolucionistas de la formación del profesorado se fundan y aportan elementos para una “teoría alternativa del conocimiento profesional” que define su organización en forma de redes que permiten la resolución de problemas relevantes en diferentes niveles de formulación. Al mismo tiempo ofrece una “visión procesual y evolutiva del diseño de los contenidos” para la formación de los profesores que incorporan los niveles de formulación iniciales.

En el capítulo II, nos abocaremos en profundidad a estas cuestiones. Por ahora nos conformaremos con decir que estos planteos van perfilando la fundamentación de un modelo flexible de cambio profesional basado en los principios de gradualidad, continuidad, participación, significatividad y diversidad. Se recuperan, de este modo, las nociones de autonomía, investigación y articulación teoría – práctica que hemos ido destacando en las tendencias precedentes (Porlán, 2003).

“... lo que se viene proponiendo puede quedar sintetizado en la idea de que el desarrollo profesional es algo continuo y que el modelo de referencia es el de un docente capaz de concebir su trabajo como una actividad abierta, susceptible de ser mejorada por procesos rigurosos y en la que la teoría y la práctica dejan de ser dos mundos epistemológicos radicalmente separados, para pasar a ser dos formas complementarias e interdependientes de relacionarse con la realidad para mejorarla.” (Porlán, 2003:34)

Asimismo, el enfoque se sostiene desde una perspectiva sistémica y compleja del mundo, considerando a la realidad como conjuntos de sistemas también en evolución que requieren de un conocimiento integrado, a fin de comprender las interacciones entre sus componentes. Enfatiza, asimismo, el valor del metaconocimiento en las posibilidades de generalización, transferencia e integración entre ámbitos parciales de conocimiento (Porlán y Rivero, 1998). Estas tendencias otorgan centralidad al componente reflexivo y metacognitivo también definido en términos de dimensiones

con progresiva complejización. Esta centralidad es coherente con una perspectiva que se niega a definir externamente una pauta de evolución o progreso del conocimiento profesional (Mellado, 2003).

Por el contrario, se reconoce que el cambio se ve atravesado por una compleja dinámica interna estrechamente atada a los contextos y que no admite la traducción literal de modelos ideales. De allí que la delimitación de una hipótesis de progresión no se traduzca en un itinerario cerrado de formación, sino más bien de referentes para diseñar, ensayar y reformular estrategias y modelos formativos (Porlán, 2003; Jiménez Pérez y Wamba Aguado, 2003). Apoyar y acompañar el desarrollo de habilidades metacognitivas en la formación favorece el conocimiento y regulación de esta dinámica del cambio, de la naturaleza de los ajustes y movilizaciones y del contenido de las dificultades (Copello Levy y Sanmartí, 2001; Porlán, 2002; Mellado, 2003).

Esta renovación hacia modelos más flexibles y contextualizados de formación contemplan aún otro principio: el de abrir un espacio mayor para el conocimiento que los profesores han construido como tales. Esta consideración avanza en la creación de contextos donde las teorías, enfoques o propuestas de innovación adquieren un valor simbólico y práctico (Tardif, 2004).

A modo de síntesis, proponemos un esquema de clasificación de los modelos reseñados (Tabla I.1.), organizados por niveles de complejidad y contextualización, y diferenciados en función de algunos tópicos considerados en la discusión precedente: a) noción de cambio, b) relaciones teoría – práctica, c) concepción del profesor de ciencias y d) el lugar otorgado a la Didáctica de las Ciencias.

Tabla I.1. Modelos de formación del profesorado de ciencias

Modelo de formación	Noción de cambio	Relaciones teoría - práctica	El profesor de ciencias	El lugar de la Didáctica de las Ciencias
Academicista	Por apropiación formal de significados abstractos	Sobredimensionamiento de la teoría, simplificación de la práctica. Relación de aplicación mecánica y lineal	Usuario del conocimiento académico para su reproducción	Perspectiva absolutista del saber didáctico, añadido periférico al saber disciplinar
Tecnológico	Por apropiación formal de conocimiento técnico	Se reconoce la dimensión práctica, la teoría se traduce en una serie de competencias básicas. Relaciones de	Tecnólogo que implementa las competencias adquiridas	Perspectiva prescriptiva del saber didáctico, añadido periférico al saber

		aplicación		disciplinar
Espontaneísta	Por adquisición tácita de los significados de la experiencia a través de ensayo y error.	Sólo se reconoce la dimensión práctica. La teoría es pura especulación. Prima el saber experiencial	Artesano, se forma en la experiencia	Perspectiva de oficio. El saber didáctico es inútil dada la determinante dependencia del contexto
Por insatisfacción	Por contradicción, rechazo y sustitución de concepciones y prácticas iniciales	Relación dialéctica teoría - práctica	Aprendiz con concepciones y esquemas de acción inadecuados	Perspectiva absolutista, supremacía del saber académico
Por competencia	Por análisis crítico de posiciones y prácticas iniciales. Por competencia y vivencia de alternativas viables	Relación dialéctica y reguladora teoría – práctica	Aprendiz y sujeto de conocimiento y práctica	Fuente de elementos para el contraste argumentado en torno a problemas didácticos
Holista	Por indagación e investigación. Cambio considerado como proceso holista, colectivo y cultural	Relación dialéctica, reguladora y contextualizada entre teoría y práctica	Aprendiz, investigador e innovador. Sujeto cultural con motivaciones y afecto	Fuente de experiencias formativas e interactivas para la reestructuración y construcción de nuevos significados
Evolucionista	Por evolución gradual y progresiva de modelos didácticos personales	Relación dialéctica, reguladora y contextualizada entre teoría y práctica. Relación mediada por procesos metacognitivos	Aprendiz, investigador, innovador y sujeto de conocimiento con especificidad epistemológica	Fuente para la definición del conocimiento profesional deseable y su hipótesis de progresión

I.3. Una plataforma de acuerdos para la formación del profesorado de ciencias

Hemos recorrido hasta aquí la evolución en los modos de estudiar y concebir el cambio didáctico, el conocimiento del profesor de ciencia y sus posibilidades de desarrollo profesional. Este recorrido, nos ha permitido ir resaltando una serie de acuerdos que se complejizan con nuevos estudios y perspectivas en un proceso de integración y argumentación progresiva. A continuación nos proponemos analizar cómo estos acuerdos vienen contribuyendo en la delimitación del contenido y modalidad de los

nuevos paradigmas en formación de profesores de ciencias. En otras palabras, lo que sigue pretende ser una síntesis y nueva profundización de los núcleos vertebradores de las tendencias actuales.

1.3.1. La Didáctica de las Ciencias en la formación del profesorado

En primer lugar, hemos señalado el insistente reclamo por avanzar en propuestas capaces de trascender la disociación teoría-práctica y la fragmentación enciclopedista de los modelos tradicionales. Creemos que allí reside la matriz para pensar en un conocimiento específico para los programas de formación inicial y continua del profesorado.

La Didáctica de las Ciencias se configura como el núcleo integrado y especializado de saberes que permite formular las respuestas a esta cuestión. Y ello, en tanto es la síntesis validada y organizada de saberes que permite identificar los ejes prioritarios para el desarrollo del conocimiento práctico del profesor de ciencias (Mellado, 1996).

Ya no pensamos al conocimiento didáctico como un saber que emerge espontáneamente de la experiencia ni como un recurso para enseñar que se adiciona al conocimiento disciplinar de referencia (como sucede con los clásicos rótulos de asignaturas de formación: *La Química y su didáctica*, *La Física y su didáctica*). Adoptamos, en cambio, una perspectiva compleja sobre la Didáctica de las Ciencias que engloba múltiples problemas de diversa índole al tiempo que interrelaciona conceptos y teorías provenientes de diferentes campos: epistemología, pedagogía, psicología, teoría de la comunicación, psicología, etc. (Sanmartí, 2001).

Retomamos en este punto los aportes del equipo de Carrascosa (2008) quienes reconocen el valor innegable de la Didáctica de las Ciencias en la formación del profesorado siempre y cuando su estructuración:

a) Esté dirigida a la construcción de un conocimiento que integre los resultados de las investigaciones con los problemas prácticos que plantea la enseñanza de la disciplina, superando la crítica a las deficiencias de los modelos tradicionales o las propuestas puntuales de innovación. Esta condición recupera el fundamento por la construcción de enfoques coherentes y globales desde una concepción holista del cambio.

Ya en los '90, Carles Furió (1994) reconocía la necesidad de elaborar un conocimiento alternativo más articulado y coherente que permita trascender las visiones eclécticas y a-teóricas de la formación docente. Comenzaba a vislumbrarse, así, la necesidad de un nuevo paradigma *sistémico* para orientar los procesos de formación del profesorado de ciencias.

b) Se plantee como cambio didáctico, enfatizando las ya discutidas metas de cuestionar el pensamiento docente espontáneo y favorecer la competencia de sus sistemas de creencias y prácticas con la indagación de alternativas plausibles.

c) Esté orientada a favorecer la vivencia de propuestas innovadoras y la reflexión didáctica explícita a fin de que los profesores experimenten como posible, atractivo y retador enseñar de otra manera (Furió y Carnicer, 2002). Cobra relevancia, en este punto, la modelización de métodos o estrategias de enseñanza concebidas como hipótesis vivenciadas de trabajo.

Estas consideraciones apuntan, en definitiva, a superar el modelo aplicacionista de la formación del profesorado fortaleciendo una lógica profesional frente a la tradicional lógica disciplinar y fragmentaria del conocimiento docente (Tardif, 2004). En este sentido se propone una coherencia entre el conocimiento de la materia, los problemas realmente percibidos acerca de la enseñanza, los resultados de la investigación en Didáctica y los modelos de aprendizaje de corte constructivista.

En otras palabras, no se trata de enseñar la disciplina didáctica sino de trabajar sobre conceptos y principios relevantes para abordar los problemas que plantea la enseñanza de contenidos específicos (Del Pozo y Rivero, 2001). En este sentido, la Didáctica de las Ciencias ha de introducirse como saber orientado en relación con los siguientes tópicos, entre otros (Furió, 1994; Del Pozo y Rivero, 2001; Furió y Carnicer, 2002; Porlán, 2003; Carrascosa, et al., 2008):

a) Sobre el conocimiento a enseñar

- Procesos de selección y secuenciación de contenidos que permitan superar las imágenes arbitrarias, absolutistas y dogmáticas de la ciencia,
- Análisis del contenido a enseñar detectando los marcos conceptuales y conceptos estructurantes

- Análisis de los conocimientos curriculares que se prescriben y privilegian desde los resultados de la investigación en el campo
- Relación con otras formas de conocimiento relevantes para el contexto escolar
- Organización del conocimiento escolar en grados adecuados de extensión y profundidad

b) Sobre el diseño didáctico

- Elaboración de programas o secuencias de enseñanza capaces de favorecer un aprendizaje por indagación
- Diseño de hipótesis de progresión tendientes a la evolución de las ideas de los estudiantes
- Desarrollo de modalidades de trabajo en equipo enfatizando actitudes de tolerancia y el intercambio de argumentos y posiciones disímiles,
- Desarrollo de instancias de evaluación concebidas como estrategias de autorregulación de los aprendizajes y fuente de criterios para la mejora de la enseñanza,
- Comprensión del papel educativo de las prácticas de laboratorio y los enfoques de resolución de problemas
- Análisis de procesos de comunicación en el aula y la configuración de un clima de aprendizaje democrático, amistoso, intelectualmente atractivo y relevante.

d) Sobre el aprendizaje de las ciencias

- Conocimiento de las actitudes de los alumnos hacia la ciencia y su aprendizaje, involucrando el abordaje de los estudios sobre sus causas y posibles soluciones
- Comprensión de las ideas alternativas que obstaculizan su construcción así como los errores o confusiones habituales analizados desde un punto de vista didáctico
- Conocimiento de los procesos de cambio conceptual: cómo explorar, movilizar y cuestionar la ideas espontáneas de los estudiantes

1.3.2. Escenarios de reflexión y movilización de saberes docentes

Tras el recorrido transitado precedentemente un principio se va decantando muy claramente como constitutivo de las tendencias actuales de formación. Tanto en los enfoques por competencia, desarrollo profesional holista o paradigma evolutivo, la reflexión del profesor emerge como elemento indiscutible. Heredera de los desarrollos de Schön, Elliott y Stenhouse, va adquiriendo una especificidad propia en el seno de las perspectivas actuales de formación del profesorado de ciencias.

El argumento que sostiene la perspectiva reflexiva es simple y puede sintetizarse en dos ideas complementarias: 1) el profesor de ciencias debe formarse para tomar decisiones en ámbitos y situaciones diversas sin disponer de *recetas* para lo cual ha de construir, desde la reflexión, criterios para esas decisiones; 2) el profesor de ciencias necesita desarrollar una actitud de indagación y crítica permanente para evitar la alienación y rutinización de la práctica, eludiendo el riesgo de ser asimilado por los sistemas de enseñanza hegemónicos (Sanmartí, 2001).

Al respecto, son interesantes los desarrollos del equipo de Neus Sanmartí en Barcelona, así como las investigaciones de Vázquez Bernal y su grupo de la Universidad de Huelva. Estos estudios refieren especialmente a esta especificidad, señalando algunos principios orientadores de los procesos reflexivos del profesor de ciencias en formación.

En primer lugar, se señala el imperativo de una reflexión que tenga por base un sistema teórico de referencia definido por los desarrollos más actualizados de la Didáctica de las Ciencias. En segundo lugar, se enfatiza una reflexión dirigida sobre la práctica de enseñanza y las condiciones sociales de dicha práctica desde un enfoque dialógico desarrollado en el seno de comunidades de reflexión. Cobran relevancia aquí los conceptos de *autorregulación* y *corregulación* de los procesos de cambio didáctico, así como la noción de Zona de Desarrollo Próximo que nutre este enfoque desde la perspectiva socio-constructivista del aprendizaje profesional, que ya hemos reseñado (Sanmartí, 2001; Copello Levy y Sanmartí, 2001, Vázquez Bernal, et al., 2007).

Estos aportes sintetizan la potencialidad que reside en una mirada de naturaleza diferente sobre lo que el docente hace y aprende para el desarrollo de genuinas reelaboraciones de sus concepciones y esquemas de acción. Como ya hemos descripto, esta perspectiva sitúa al profesor como protagonista de su propio aprendizaje y coloca

en el centro de la escena una formación orientada a la construcción de una serie de nuevas *habilidades metacognitivas* entre las cuales podemos citar:

- Tomar conciencia del propio sistema de ideas
- Observar críticamente la práctica y reconocer los problemas, dilemas y obstáculos que son significativos en ella
- Identificar las posibles causas de los problemas identificados
- Reconocer y valorar ideas relevantes de los marcos teóricos de referencia
- Anticipar decisiones alternativas posibles en términos de hipótesis de intervención más potentes
- Reconocer, evaluar y decidir sobre la necesidad de reestructurar sus ideas y sus prácticas, etc.
- Desarrollar un seguimiento profundo de los procesos de implementación de nuevas prácticas (Porlán y Rivero, 1998; Sanmartí, 2001; Copello Levy y Sanmartí, 2001; Perrenoud, 2007).

La posibilidad de avanzar en el desarrollo de estas habilidades parece vincularse con el ámbito de la reflexión *consciente* o *explícita* concebida como generadora de conocimiento teórico y contextual susceptible de ser explicitado. Es el tipo de reflexión que se asocia a la construcción de conciencia metacognitiva, otorgando claridad y orientación al pensamiento e implicando una actitud de indagación que funciona como catalizadora del desarrollo del conocimiento profesional (Vázquez Bernal, et al., 2007; Peme, Mellado, De Longhi, Argarañaz y Ruiz, 2008). En palabras de Perrenoud (2007:43): “Más que suministrar al futuro enseñante todas las respuestas posibles, lo que hace una formación orientada hacia la práctica es multiplicar las ocasiones para que [...] se forjen esquemas generales de reflexión y regulación”.

A modo de ejemplo, por más profunda, rigurosa y problematizadora que resulte la presentación o discusión de -entre otros- los nuevos paradigmas filosóficos y epistemológicos ello no garantizará procesos de cambio didáctico. De allí la importancia de diseñar escenarios de formación especialmente pensados para favorecer la reflexión *explícita* acerca del papel del metaconocimiento en la construcción de una práctica de

enseñanza coherente con una visión más adecuada de ciencia (Schwartz & Crawford, in Flick & Lederman, 2006)

Por otra parte, es también respecto del problema de la reflexión, donde los modelos evolucionistas ofrecen una perspectiva más compleja y enriquecida. Como ya hemos anticipado, pueden identificarse niveles o dimensiones de reflexión de creciente complejidad. Éstos abarcan desde una lógica eficientista en un nivel técnico basado en respuestas de ensayo y error, pasando por un sentido práctico asociado a la resolución de problemas desde el compromiso con determinados valores; hasta alcanzar el denominado nivel crítico que involucra los aspectos sociales e ideológicos de la práctica de enseñanza involucrando la concienciación social y el papel emancipador de la educación (Vázquez Bernal, et al, 2007, Jiménez, et al., 2008).

Es en los niveles superiores donde aparece la posibilidad del conocimiento incrustado en la actuación profesional, como proceso interno, dialógico y de construcción. En la perspectiva de Mellado (1996) la reflexión se constituye en el núcleo de articulación de la componente *estática* –conocimientos psicopedagógicos generales y saberes teóricos de la Didáctica de las Ciencias, entre otros- y la componente *dinámica* –creencias, actitudes, conocimientos propios, etc.-. Desde esta posición la reflexión posibilita el desarrollo o evolución de esta última en una estructura única: el conocimiento didáctico o práctico del profesor de ciencias.

Además, hemos señalado reiteradamente la estrecha relación entre la reflexión y el desarrollo de la autoestima docente, dadas las posibilidades de participación y protagonismo que habilita en la construcción activa del conocimiento profesional. Completando esta idea, la posibilidad de progresar en niveles de mayor complejidad aporta un nuevo potencial de estimulación e involucramiento que refuerza este componente afectivo y promueve emociones favorables al cambio (Copello y Levy, 2001; Sanmartí, 2001; Vázquez Bernal, et al., 2007).

Como vemos, estas consideraciones enfatizan claramente la reiterada crítica a la racionalidad técnica que venimos planteando desde el inicio de este capítulo. Además, abren la posibilidad para discutir, desde la perspectiva reflexiva, cómo los espacios de formación pueden ser también espacios de acción política y debate profundo en torno a las metas de la educación científica. De ello nos ocuparemos a continuación.

1.3.3. Naturaleza del conocimiento y metas de la educación científica

El recorrido histórico que hemos propuesto al inicio, nos ha advertido de un proceso de crisis de la educación científica en el mundo. Creemos que ésta sitúa, como contenido prioritario de la formación de profesores, la discusión argumentada en torno a las *finalidades* asignadas a las prácticas docentes. Esta discusión es la que permite avanzar en un modelo de formación que podemos denominar *crítico* al integrar la dimensión emancipadora del aprendizaje, sin por ello dejar de contemplar las perspectivas holistas y evolucionistas del desarrollo profesional.

Tal como hemos referido, asistimos a un proceso de transformación de los objetivos que la educación científica asume, como resultado del extendido acuerdo en torno al concepto de alfabetización científica. Nos referimos al creciente conflicto que la educación para toda la ciudadanía establece frente a la extendida meta de preparación de futuros científicos.

Desde la perspectiva de Vilches y Gil (2007) los modelos propedéuticos han fallado en fortalecer la comprensión de las complejas relaciones entre la ciencia y la sociedad, limitando las posibilidades de que los sujetos cuenten con herramientas para tomar decisiones informadas sobre los aspectos más variados de sus vidas. Estos modelos han terminado negando la comprensión de la ciencia como parte de la cultura pero han incurrido además en una segunda falla: el *teoricismo* descontextualizado y las visiones algorítmicas y técnicas en torno al método han terminado por promover un generalizado rechazo entre los jóvenes hacia las materias científicas.

Se ha promovido una imagen de la ciencia, no sólo falsa, sino también elitista, inaccesible y poco atractiva. Tal es el punto que, paradójicamente, el aprendizaje conceptual mismo se ha visto limitado como consecuencia del reduccionismo conceptual de los modelos propedéuticos.

La revisión de las metas de la educación científica es, entonces, un contenido prioritario en la formación de profesores y habrá de conducir a la discusión de aspectos también procedimentales y axiológicos en íntima relación con aportes epistemológicos actuales. Este camino supondrá abordar nuevos componentes tampoco contemplados en los programas tradicionales de formación y que se vinculan especialmente con *la ciencia que no se enseña*. Esta reorientación de la formación promete introducir la *inmersión en la cultura científica* como tarea abierta y creativa para el profesorado. Al respecto urge

diseñar modelos de formación capaces de ofrecer una experiencia de genuina *enculturación científica* (Vilches y Gil, 2007; Furió, 1994).⁴

Por otra parte, en los apartados precedentes, hemos reseñado estudios orientados al reconocimiento de dificultades o resistencias en los procesos de cambio didáctico. Al respecto, se ha extendido entre los especialistas la discusión en torno a concepciones y saberes docentes sobre la disciplina de enseñanza como uno de los obstáculos principales para la renovación pedagógica.

Ello, sumado a los nuevos modos de producción y circulación de la ciencia, ha conducido a redefinir el significado de la clásica meta de *conocer la materia a enseñar*. En palabras de Guisasola y Morentin (2007:4): "... algo tan aparentemente claro como conocer el contenido de la asignatura implica conocimientos profesionales muy diversos que van más allá de lo que habitualmente se contempla...".

Esta diversidad integra cuestiones como:

- a) Los problemas que originaron la construcción de conocimientos científicos. La intención es superar la visión de los conceptos y procedimientos científicos como fines en sí mismos para pensarlos como medios para abordar los problemas fundamentales de cada disciplina o líneas de investigación que los abordan históricamente.
- b) Las orientaciones metodológicas en la construcción de los conocimientos. Ello supone entender la investigación científica como un proceso complejo de interacción social, de carácter estratégico, que trasciende la imagen del método único y universal.
- c) Las interacciones Ciencia – Tecnología – Sociedad – Ambiente. Son contenidos que apuntan a favorecer una visión crítica, no neutral y contextualizada de la disciplina en relación con problemas socio-ambientales -generales y del contexto próximo- e intereses de grupos sociales que intervienen en la definición de determinadas líneas de investigación.
- d) Desarrollos científicos recientes, conocimientos de otras disciplinas relacionadas, interacciones entre campos y procesos de unificación. Se trata de adoptar una

⁴ Como ilustración de esta perspectiva, es interesante el modelo propuesto en el marco del Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas llevado adelante por el Sector Educación de la Oficina de UNESCO Montevideo – Representación ante el MERCOSUR. Consultar: Echeverriarza Espínola, M. P. (2006) *Acortando distancias entre la investigación y los profesores de Ciencias*. Uruguay 1999-2005. Montevideo: Ediciones Trilce.

perspectiva interdisciplinar, transdisciplinar y metadisciplinar presentando una visión sistémica del conocimiento integrada a los niveles de organización de la realidad. Ello supone abordar los conceptos transversales a diferentes disciplinas desde los significados que toman en cada contexto conceptual e incorporar las teorías epistemológicas generales que abordan la naturaleza y génesis del conocimiento.

f) La evolución histórica de las disciplinas. El objetivo aquí es aportar una visión evolutiva y compleja de la ciencia poniendo especial énfasis en los cambios paradigmáticos y los obstáculos ideológicos, sociales, tecnológicos e ideológicos de estos procesos.

g) La estructura semántica de las disciplinas. Este aspecto supone definir los conceptos estructurantes y sus interacciones en un sistema integrado y jerarquizado que permita dilucidar la lógica interna de organización de cada disciplina (Furió, 1994; Gil, 1991, Maiztegui, 2000, Furió y Carnicer, 2002, Porlán, 2003, Rodríguez y Meneses, 2005, Vilches y Gil, 2007, Carrascosa, et al., 2008).

Las potencialidades anidadas en estos saberes se vinculan con una mejor comprensión de las dificultades de los estudiantes en la construcción del conocimiento, el abordaje de problemas transversales a diferentes campos y la presentación de una imagen social, dinámica, relativa y más real de la ciencia. Además, permite al profesor acercar los contenidos a la comprensión de los estudiantes sin generar y transmitir errores, al tiempo que brinda mayores posibilidades de asumir una enseñanza creativa y activa que supera la imagen del docente como repetidor de contenidos (Carrascosa, et al., 2008).

Estas consideraciones han tenido un amplio desarrollo en las últimas décadas y contamos con una abultada bibliografía al respecto. Retomando la narrativa histórica, el reconocimiento de la necesidad formativa del profesorado en torno al conocimiento de la Historia y Epistemología científica, así como sus relaciones con la enseñanza, ha conducido en los 90 a una eclosión de investigaciones. Entre otros indicadores pueden citarse la International Conference on the History and Philosophy of Science and Science Teaching que desde 1991 se celebra, año a año, en diferentes partes del mundo o el surgimiento, en 1992, de la Revista Science and Education, exclusivamente dedicada al estudio de las relaciones entre Didáctica de las Ciencias e Historia y Filosofía de la Ciencia (Furió, 1994).

De todos modos, y a pesar de su amplio desarrollo, se trata de planteamientos que no pierden vigencia dado que aún la investigación didáctica continúa constatando la persistencia de visiones deformadas de ciencias entre los profesores o modelos de enseñanza basados en una visión absolutista del saber. En este sentido, son muchos los interrogantes que estas consideraciones aún dejan abiertas a la investigación e innovación didáctica:

- ¿Cómo incorporar el abordaje de la complejidad epistemológica de las disciplinas sin caer en perspectivas anecdóticas o teoricistas?
- ¿Cómo la problematización de la metodología científica contribuye a la definición de implicancias para la enseñanza y la formación?
- ¿Cuáles son las alternativas más eficaces para superar una formación limitada a la transmisión de un saber absoluto?
- ¿En qué medida los diseños alternativos de formación son cualitativamente superadores de las clásicas colecciones de ejercicios descontextualizados o las prácticas de laboratorio desligadas de los problemas relevantes de las disciplinas?
- ¿Qué problemas y recursos didácticos resultan más potentes para abordar las complejas relaciones CTSA?
- ¿Cuáles son los registros historiográficos que mejor ayudan a comprender el progreso científico?
- ¿Cómo definir los núcleos estructurantes de las disciplinas y sus niveles de complejidad a fin de contribuir a la comprensión de la lógica interna de las disciplinas y sus problemas fundantes?

Y la lista puede continuar. Sabemos que para cada uno de estos interrogantes hay desarrollos amplios y específicos⁵, el desafío quizás sea progresar en la construcción de un cuerpo de conocimientos articulado y coherente para orientar procesos y programas de formación de profesores.

⁵ En el ámbito local puede citarse el Programa de Investigaciones Interdisciplinarias para el Aprendizaje de las Ciencias, dirigido por el Dr. Félix Ortiz en la Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

I.4. La nueva agenda de la investigación sobre el conocimiento y la formación del profesorado de ciencias

Hasta aquí hemos intentado abordar el dinamismo con que ha evolucionado la investigación en el campo de la formación del profesorado de ciencias, en los últimos 30 años. La lectura entre líneas de las páginas precedentes permite dilucidar algunas tendencias que emergen de esta evolución. Son aquellos desarrollos incipientes que configuran una nueva agenda para la Didáctica de las Ciencias, respecto del desarrollo profesional del profesorado.

I.4.1. Una teoría intermedia sobre el desarrollo profesional docente

En primer lugar, se asume el desafío de la gradualidad de los cambios hacia la consolidación de modelos superadores y alternativos. Al respecto, la investigación se orienta sobre el reconocimiento de los espacios y experiencias que *existen* en el ámbito de la formación inicial y permanente del profesorado. Nos referimos a aquellos escenarios que definen a las instituciones formadoras en nuestro país (Instituciones Superiores de Formación docente y Universidades) o que, desde diferentes espacios educativos, se gestan como estructuras más o menos consolidadas de formación inicial y continua.

El objetivo de las nuevas tendencias es la socialización, estudio y fortalecimiento de aquellas *buenas prácticas* que ya se encuentran funcionando en estos espacios. El conocimiento que se construye en este tipo de investigación es el que define los principios del *cambio posible* y los *núcleos de innovación* que permiten construir las coordenadas de una progresión hacia los modelos superadores que ya hemos definido.

En palabras de Maiztegui, et al. (2000:11):

“Lo que puede hacerse actualmente dista bastante de esa estrategia ideal de formación continua y de participación docente en la construcción de las nuevas orientaciones curriculares. Es preciso ser conscientes de ello, pero también es necesario tener claro cuál es el objetivo y plantear las acciones que hoy son posibles en esa perspectiva...”

No nos referimos a una investigación orientada a ajustar empíricamente lo que funciona en el ámbito de la formación docente, sino a desarrollar una teoría *intermedia* que se ubica entre la generalidad y la especificidad; una teoría en torno a las claves del desarrollo profesional y los medios, contenidos, enfoques y estrategias para apoyarlo.

Consideramos, entonces, que un elemento clave de esta nueva agenda para la formación del profesorado se relaciona estrechamente con enfoques de investigación en contextos reales, donde se aportan criterios ya conocidos y también hipotéticos para el diseño de escenarios formativos innovadores. La investigación se orienta a la definición de indicadores y perfiles de aprendizaje profesional que puedan aportar al refinamiento y la formulación de nuevos principios de diseño formativo.

1.4.2. El conocimiento del profesor como saber diferenciado

Tal como hemos destacado a lo largo del presente capítulo, los modelos actuales de formación del profesorado sintetizan una apuesta por revalorizar el papel del profesor como investigador e innovador de su práctica. Ello supone reconocerlo no sólo como aprendiz sino también como intelectual.

Esta nueva tendencia, reclama avanzar en la identificación y definición de la especificidad epistemológica de su conocimiento, consolidando, en el seno de la Didáctica de las Ciencias, un campo intelectual potente centrado en los saberes históricamente construidos por los profesores. Ello supone elaborar un repertorio de conocimientos para la enseñanza, basado en el estudio de los saberes profesionales de los maestros y profesores atendiendo a cómo éstos los utilizan y movilizan en la cotidianeidad de sus prácticas (Perafán, 2005).

Respecto de esto último, hemos reseñado los desarrollos que apuntan a una concepción evolutiva y gradual del cambio didáctico a partir de la definición de una hipótesis de progresión del conocimiento profesional docente. Urge, ahora, avanzar en la definición de *indicadores* que traduzcan el contenido de aquellos *núcleos duros* del pensamiento y la práctica. Igualmente relevante es contribuir, desde la investigación, a dilucidar los *componentes de innovación y cambio didáctico* que se relacionan con determinadas prácticas y modelos de formación. La dinámica de la resistencia y la movilización de los

saberes docentes en escenarios de formación se convierte, así, en una de las claves de esta nueva agenda que estamos proponiendo.

Sólo así será posible articular el estudio de dispositivos de formación alternativos que resulten pertinentes para los docentes y su práctica profesional, guardando coherencia con sus necesidades y bagaje de saberes. Es fácil advertir que este camino requerirá de nuevos modos de investigación, más colaborativos y comprometidos con las prácticas de formación. Consideramos que este es el escenario más prometedor para que los profesores se asuman como profesionales de la enseñanza y comprendan que sus prácticas pueden ser objeto de investigación (Tardif, 2004).

Con esta misma intención de recuperar saberes y necesidades urge profundizar el estudio de dispositivos, estrategias, fuentes de conocimientos y recursos didácticos que resulten más adecuados a los nuevos contextos de uso, circulación y disponibilidad del conocimiento científico. Sabemos que la sociedad del conocimiento y la información múltiple plantea una serie de nuevas demandas al profesor de ciencias que requieren de nuevas capacidades y saberes. Éstos son los que han de definir los nuevos horizontes y proyecciones de un conocimiento profesional para la educación científica del siglo XXI.

Ello requiere, finalmente, profundizar la formación cultural de maestros y profesores, en tanto sujetos comprometidos con su tiempo. Será necesario contribuir a la formación de intelectuales capaces de comprender las nuevas configuraciones culturales de la niñez y la juventud, así como los nuevos formatos de comunicación y circulación de la información (sistemas de interacción tecnológica, imágenes, símbolos, modelos de simulación, etc). Será necesario también, fortalecer una formación capaz de movilizar actitudes de búsqueda, curiosidad e inquietud genuina en torno a los grandes problemas de nuestro mundo o, en otras palabras, promover la capacidad de formular preguntas y orientarlas hacia aquellos problemas más fundamentales de nuestro tiempo (Morin, 1995).

1.4.3. Hacia una complementariedad de conocimientos y enfoques

Por otra parte, la complejidad de los procesos de cambio didáctico que hemos abordado multiplica las variables a considerar en su estudio y en el desarrollo de alternativas de formación. En este plano, la *complementariedad teórica* se constituye en una empresa

inoslayable. La nueva agenda para la formación del profesorado, incluye entonces, la consolidación de un cuerpo de conocimiento especial, que articula o dialoga con diferentes campos y áreas de conocimiento. Hemos anticipado ya la necesaria integración de saberes filosóficos, epistemológicos, psicológicos, didácticos y sociológicos. A ellos nos atrevemos a sumar algunos otros aportes que amplían las fronteras teóricas en el marco de la nueva agenda (Rivarosa y De Longhi, en prensa):

- El discurso del profesor de ciencias como mediador en la construcción de sistemas de significados cada vez más complejos y potentes, desde el reconocimiento de las complejas relaciones entre pensamiento y lenguaje. Las configuraciones metafóricas y esquemáticas del pensamiento como expresión de un saber intuitivo acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y como instrumento de formación para su movilización.
- La narrativa docente como estrategia para la apropiación significativa de la práctica, la explicitación y expresión de argumentos y la reconstrucción histórica de experiencias formativas. El valor de la escritura en los procesos de regulación metacognitiva del aprendizaje profesional y como herramienta de reorganización y transformación conceptual, estratégica y actitudinal. Los relatos de práctica como escenarios de reconocimiento, valoración y socialización de experiencias innovadoras.
- Los procesos de comunicación educativa como claves en la comprensión de la dinámica de interacción discursiva en el aula de ciencias y las posibilidades de avanzar hacia modelos dialógicos y democráticos de construcción del conocimiento en ambientes formalizados de aprendizaje profesional.
- Los enfoques actuales del programa CTSA y los estudios sobre actitudes y creencias en torno a la noción de ambiente y educación ambiental como fuente de dilemas para pensar la enseñanza desde una perspectiva holista, sistémica y perspectivista del conocimiento.
- Los circuitos de divulgación científica como referentes de las nuevas demandas de actualización y como fuente de dilemas para la formación del profesorado, en relación con las complejas articulaciones entre producción-información-educación. Los saberes vinculados a la configuración de programas de periodismo científico recuperan así la dimensión comunicativa tras los lenguajes, códigos y símbolos que atraviesan la

significación social respecto de temáticas complejas (salud, ambiente, calidad de vida, etc.)

- Los paradigmas educativos fundados en el concepto de alfabetización científica que señalan la urgencia de programas de formación orientados a la construcción de saberes y herramientas para la articulación de campos disciplinares en la formulación de respuestas integradoras frente a la complejidad de los problemas tanto naturales, como tecnológicos y sociales.

En síntesis, esta agenda para la Didáctica de las Ciencias señala la necesidad de desarrollar nuevos modos de hacer investigación. La nueva tendencia parece señalar como horizonte la profundización de una teoría intermedia capaz de reconocer la naturaleza práctica, evolutiva y contextual de los saberes docentes. Creemos que sólo de este modo será posible avanzar hacia la definición de una diferenciación epistemológica del conocimiento del profesor de ciencias que pueda ofrecer un claro punto de partida a modelos de formación integrados, progresivos y orientados al cambio didáctico.

Mucho camino ha recorrido ya la investigación educativa en la delimitación de la naturaleza del conocimiento del profesor de ciencias y de ellos nos ocuparemos en el próximo capítulo. Su articulación con el recorrido histórico y conceptual que hemos ofrecido hasta aquí terminará por definir los fundamentos de los objetivos y categorías que orientan la presente investigación y que se irán definiendo con progresiva profundidad a lo largo de los capítulos y secciones subsiguientes.