

## EL CAMBIO DEL PROFESORADO DE CIENCIAS I: MARCO TEÓRICO Y FORMATIVO

**PORLÁN, RAFAEL<sup>1</sup>; MARTÍN DEL POZO, ROSA<sup>2</sup>; RIVERO, ANA<sup>1</sup>; HARRES, JOAO<sup>3</sup>; AZCÁRATE, PILAR<sup>4</sup>  
y PIZZATO, MICHELLE<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla

<sup>2</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Complutense de Madrid

<sup>3</sup> Faculdade de Física. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Brasil

<sup>4</sup> Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz

rporlan@us.es

rmartin@edu.ucm.es

arivero@us.es

joao.harres@puers.br

pilar.azcarate@uca.es

pizzato@univates.br

---

**Resumen.** En este trabajo, primero de una serie de dos, se reflexiona sobre la necesidad de cambiar el modelo dominante de enseñanza de las ciencias y sobre la conveniencia de que los docentes construyan un conocimiento práctico profesional que supere disyunciones del tipo teoría-práctica, conocimiento científico y didáctico, etc. Se argumenta que el desarrollo de este conocimiento no es lineal sino que requiere el abordaje de obstáculos endógenos, inherentes a las concepciones de los profesores, y exógenos, vinculados a los estereotipos sociales sobre la escuela. Por último, sobre la base de diferentes fundamentos teóricos (socioconstructivismo, teoría crítica, etc.), se describe el modelo *Formación de Profesores para Investigar la Práctica* que pretende favorecer el cambio de los profesores a partir de la investigación de los problemas profesionales.

**Palabras clave.** Enseñanza de las ciencias, conocimiento profesional, obstáculos de los profesores, concepciones de los profesores, formación de profesores.

---

### Science Teacher Change I: Theoretical and Teacher Education Framework

**Summary.** This communication, the first of a series of two, reflects on the need to change the predominant model of science teaching, and on the desirability for teachers to construct their own professional knowledge to go beyond disjunctions of the theory-practice, scientific-pedagogical knowledge, etc.type. It is also argued that the development of this knowledge is not a linear process, but requires addressing obstacles that are both endogenous, inherent in the teachers' conceptions, and exogenous, linked to the dominant social stereotypes about the school. Lastly, on the basis of different theoretical foundations (social constructivism, critical theory, etc.), a description is given of the model *Teacher Education for Research into Practice* which is aimed at promoting teacher change via inquiry into practical professional problems.

**Keywords.** Science teaching, professional knowledge, teachers' obstacles, teachers' conceptions, teacher education.

---

## INTRODUCCIÓN

Hace unos años publicamos en esta revista dos artículos con nuestras investigaciones sobre las concepciones de los profesores (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997 y 1998). En ellos analizábamos el conocimiento profesional mayoritario y aportábamos una visión sobre el conocimiento profesional deseable. Este artículo, primero de

una serie de dos, resume nuestra reflexión teórica y nuestras propuestas formativas desde entonces hasta ahora. La cuestión central en este periodo ha sido *el cambio de las concepciones del profesorado*. Si en aquel momento nos preocupaba conocer las concepciones y las prácticas de los docentes, en estos años nos han intere-

sado sus *transiciones* cuando participan en procesos de formación. En este primer artículo analizamos el estado actual de la escuela y de la enseñanza de las ciencias y los obstáculos de los profesores para el cambio, poniendo especial énfasis en la necesidad de investigar sus transiciones y progresos cuando participan en procesos formativos. También presentamos un modelo de formación alternativo basado en la investigación de problemas profesionales. En el segundo presentamos los resultados de una investigación concreta sobre los *itinerarios de progresión* de diferentes muestras de estudiantes de magisterio, así como nuestras conclusiones sobre los factores que obstaculizan o facilitan el cambio.

### Cambiar la escuela

Es un lugar común resaltar la necesidad de un profundo cambio de la escuela. Sabemos que muchos estudiantes no alcanzan los fines educativos aun cuando superen las pruebas académicas. Es frecuente que tengan dificultades para entender lo que leen, para aplicar conceptos matemáticos a la vida cotidiana y para reconocer la relación entre los fenómenos de la realidad y los contenidos escolares. Algunas causas de esto son conocidas: se identifica aprender con memorizar sin sentido, los contenidos son concebidos como fines y no como medios para interpretar el mundo, y los conceptos (complejos y dinámicos) se reducen a datos (simples y estáticos). Sin embargo, la razón profunda de este fracaso es que los alumnos no son *sujetos de aprendizaje* sino *objetos de enseñanza*; es decir, no son considerados *entes epistémicos* (poseedores de significados, intereses e impulsos para la acción) sino objetos de adoctrinamiento académico. En el caso de la enseñanza de las ciencias, esto se manifiesta de forma particular. La naturaleza abstracta de los conceptos, el carácter no observable de muchos objetos de estudio, la tendencia a abordar los productos de la ciencia aislados de los procesos, la traslación directa de la lógica disciplinar al ámbito escolar, etc. son ejemplos de lo que decimos.

A esta realidad se superpone en la actualidad un particular desapego de los alumnos hacia la escuela. Frente a la idea ilustrada de que el conocimiento requiere tiempo, lectura, escritura y análisis (aunque, paradójicamente, la escuela real, con temarios sobrecargados y metodologías transmisivas, no los cultiva), la cultura de los estudiantes se caracteriza por la inmediatez, la simultaneidad, el conocimiento en la superficie y la imagen. La escuela ha devenido en un lugar de desencuentro entre una visión academicista de la modernidad y una experiencia acrítica de la cultura posmoderna (García et al., 2007).

Pero el cambio es posible. Tan es así, que la otra escuela ya está en ésta. Siempre han existido modelos y experiencias que han recuperado a los estudiantes como sujetos de aprendizaje a partir de principios como la globalización, la investigación o la negociación de significados. El problema del cambio tiene que ver con la relación de hegemonía que existe entre la cultura escolar dominante y las experiencias alternativas. La cuestión es cómo conseguir que las culturas minoritarias que representan innovaciones transformadoras sean, en el sentido toulminiano del término, más competitivas (Toulmin, 1977).

### El cambio en la enseñanza de las ciencias

En la enseñanza de las ciencias las propuestas de cambio se han centrado en los alumnos. La toma de conciencia de que tienen una visión propia de los fenómenos ha llevado a muchos investigadores a analizar sus *ideas espontáneas* (Driver, 1989). Estas investigaciones han descrito *niveles* en el proceso de cambio de los alumnos y han propuesto *itinerarios de aprendizaje* para guiar el diseño curricular y la intervención docente. En consecuencia, desde hace tiempo se vienen experimentando propuestas curriculares basadas en las concepciones y obstáculos de los alumnos y fundamentadas en nuevos marcos teóricos. En este sentido, el socioconstructivismo, la visión compleja, la perspectiva crítica, el evolucionismo y la metacognición han jugado un papel esencial (Porlán, 1993; Watts y Jofili, 1998; Porlán y Harres, 1999 y Duit y Treagust, 2003). Sin embargo, estos proyectos han puesto en evidencia que los profesores tienen una *cosmovisión docente* como resultado de un largo proceso de interiorización de la cultura escolar tradicional (Aguirre, Haggerty y Linder, 1990 y Porlán y Martín del Pozo, 1996).

Como señalan Watts y Jofili (1998), una de las dificultades para el cambio de la enseñanza de las ciencias es el conflicto que viven muchos profesores entre su deseo de promover el desarrollo de los alumnos, lo que les lleva a declarar que es importante su participación, y los esquemas implícitos que poseen, según los cuales los alumnos han de tener un papel pasivo para mantener el control del aula. En el caso de la formación inicial de maestros, Gustafson y Rowell (1995) afirman que los estudiantes son resistentes al cambio, ya que pueden adaptarse a programas de formación alternativos y mantener, al mismo tiempo, sus creencias definidas social y culturalmente. En el mismo sentido, Bryan y Abell (1999) resaltan la importancia de la experiencia interiorizada como alumno en las concepciones de los estudiantes de magisterio en relación con la enseñanza de las ciencias, e insisten en las dificultades que hay para cambiarlas. Por tanto, los esfuerzos por adoptar un enfoque basado en la evolución de las ideas de los alumnos y en los enfoques socioconstructivistas y críticos (Watts y Jofili, 1998) están condicionados por las concepciones de los docentes y, como veremos más adelante, por el carácter tácito de las mismas.

Son muchas las investigaciones realizadas sobre las concepciones del profesorado en el campo de la enseñanza de las ciencias. En nuestro caso, los resultados más importantes se pueden resumir así: concepción *transmisiva* de la enseñanza; aprendizaje por *incorporación de significados externos*, ignorando la existencia de ideas espontáneas; la ciencia como producto acabado, superior y verdadero (*absolutismo epistemológico*) y el método científico como *proceso inductivo* (Ruel, Désautels y Larochelle, 1997; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1998; Porlán y Rivero, 1998; Martín del Pozo, 2001; Martín del Pozo y Porlán, 2001; Porlán y Martín del Pozo, 2002 y 2004 y Da-Silva, Mellado y Porlán, 2007).

Según esto, las concepciones mayoritarias de los profesores de ciencias son coherentes con la cultura tradicional en la que han sido formados, y están lejos de los

planteamientos socioconstructivistas, críticos y relativistas que fundamentan los modelos alternativos, de ahí el fracaso de las nuevas propuestas. Watts y Jofili (1998) describen el constructivismo crítico como un proceso en el que los alumnos expresan sus opiniones, negocian el conocimiento y construyen una *conciencia emancipatoria*. Los profesores, por su parte, plantean problemas de investigación y conducen la clase de forma democrática y crítica. Para ellos, el constructivismo crítico promueve un cambio del profesor de *socializador en la ciencia a transformador social*. Su misión no es sustituir las ideas de los alumnos sino *enriquecerlas*. Sin embargo, Van Driel, Beijaard y Verloop (2001) plantean que hay mucha distancia entre las ideas innovadoras y el conocimiento profesional de los profesores.

Por tanto, para que estos modelos alternativos tengan más influencia se requiere, entre otras cuestiones, que sectores del profesorado desarrollen un conocimiento profesional menos condicionado por la cultura dominante, dejando de asumir que su trabajo, tal como indican Howe y Stubbs (1997), es aplicar algo decidido desde fuera del aula. Sin embargo, éste no es un proceso sencillo e inmediato. Según los autores mencionados, *el constructivismo está muy asumido en relación con los alumnos y poco en relación con los profesores; la idea de que los profesores deben construir su conocimiento ha sido poco articulada*. Siguiendo a Flores y otros (2000), pasar de posiciones tradicionales a constructivistas es un proceso difícil y complejo que exige *transiciones*; investigarlas es una estrategia prometedora para ayudar a que las nuevas ideas estén más presentes en la práctica.

## LA PROGRESIÓN DE LAS CONCEPCIONES DEL PROFESORADO DE CIENCIAS

Diversos autores han abordado la idea de *progresión*. Prieto, Blanco y Brero (2002) hacen una revisión en el caso de los alumnos, en la que plantean que la progresión de sus concepciones se puede estudiar estableciendo estadios intermedios. Al mismo tiempo, presentan conceptos similares presentes en la literatura: *senderos de aprendizaje* (Scott, 1992) y *trayectorias conceptuales* (Driver, 1989). En relación con los obstáculos, se refieren a la expresión *postes kilométricos* (Watson y Leach, 1996) como indicadores de momentos de dificultad en la progresión. En nuestro caso, tanto para los alumnos como para los profesores, hemos trabajado en la integración de estadios y obstáculos, tratando de establecer hipótesis sobre la evolución de los sujetos en forma de *itinerarios de progresión* (García, 1998 y Porlán y Rivero 1998). En este sentido, Niedderer, Goldberg y Duit (1992) destacan la importancia de obtener datos empíricos sobre las progresiones a través de *estudios de aprendizaje como consecuencia de intervenciones específicas*.

Volviendo a los obstáculos, Wallace y Kang (2004) consideran que uno de los más importantes que se opone a un modelo de enseñanza alternativo es la creencia, ya mencionada, de que la ciencia es un cuerpo objetivo de conocimientos creado por un método rígido. Por su

parte, Tobin y McRobbie (1996) plantean que los *mitos escolares* son también obstáculos para el cambio. Entre dichos mitos incluyen la creencia en la transmisión de los contenidos, la necesidad de cubrir el plan de estudio y la preparación para los exámenes. Con un enfoque más complejo, Mellado (2001) concibe el cambio del profesorado de ciencias como una *evolución gradual* debido a los obstáculos que aparecen. Al analizarlos, distingue entre los relativos al contexto (organización de los centros, baja consideración social del profesorado, etc.) y los relativos a los propios docentes (concepciones epistemológicas, mitos culturales como la transmisión de contenidos, etc.). En relación con los factores favorecedores del cambio señala, entre otros, el desarrollo de la metacognición, la investigación de problemas profesionales, el desarrollo de materiales didácticos y la investigación de los obstáculos y progresiones de los profesores.

Sin embargo, existe aún poca información sobre estas progresiones. Galsson y Lalik (1993), por ejemplo, analizan la transición de una profesora de ciencias a lo largo de un curso de formación. Ella dice haber sufrido una metamorfosis incompleta, ya que mantiene una tensión entre *transmitir la ciencia a los alumnos y darles la oportunidad para que desarrollen sus propias visiones*, lo que indicaría un constructivismo emergente. La profesora trata de encontrar un punto intermedio entre *dar toda la información a los estudiantes y plantearles preguntas para que las resuelvan solos*. Con una muestra más amplia (35 profesores de ciencias), Hashweh (1996) analiza las concepciones sobre la enseñanza de las ciencias, organizando los resultados en varios niveles de progresión: explicar, repetir, convencer, refutar, desarrollar y reestructurar. Por último, Zembal-Saul y otros (2002) presentan una progresión sobre la idea de enseñanza por investigación con cuatro niveles: no hay proceso de investigación de los alumnos; hay proceso de investigación pero el problema, el método y el resultado están predeterminados; el problema está definido pero el proceso se deja abierto; y el problema y el proceso están abiertos. Por tanto, según lo que venimos diciendo, el cambio de los profesores es un proceso difícil y gradual.

Pero profundicemos un poco más en las causas de la última afirmación. Una de ellas es que, aun siendo cierto que hay una interacción entre pensamiento y conducta, ésta es relativamente indeterminada. Por ejemplo, la toma de conciencia de las contradicciones que hay entre algunas creencias (la idea de que es importante la participación del estudiante) y ciertas pautas de acción (realizar preguntas sin esperar respuestas) es condición necesaria para el cambio de la práctica; pero no es suficiente. Y no lo es porque dichas pautas se desarrollan por reproducción inconsciente de conductas observadas durante mucho tiempo sin responder a una lógica argumentativa y se activan automáticamente ante situaciones evocadoras de aquellas en que fueron interiorizados (Schank y Abelson, 1977 y Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997).

Del mismo modo, la formación psicopedagógica, aun cuando haya influido en las concepciones de los docentes, tampoco garantiza un cambio de los esquemas de acción, ya que éstos, aunque presenten contradicciones

con los conocimientos formalizados, son los que el sujeto posee y le aportan seguridad ante la incertidumbre del contexto. Por tanto, las relaciones entre conocimiento disciplinar y conducta docente son débiles, ya que cada uno de estos ámbitos responde a necesidades diferentes. El primero trata de ser coherente con algún tipo de lógica, mientras que la acción tiende a ser funcional en un contexto, como el escolar, que tiende a la uniformidad.

Por otro lado, los esquemas de acción no son construcciones neutras, aunque lo parezcan. Es aquí donde radica la dificultad para cambiarlos. Estos esquemas no son la manera natural de como han de ocurrir las cosas, sino opciones coherentes con una cosmovisión epistemológica, psicológica y didáctica (Galsson y Lalik, 1993). El hecho de que se aprendan involuntariamente, y de que surjan sin que medie decisión consciente, los hace invisibles al análisis. Sin embargo, están fundamentados en supuestos teóricos implícitos coherentes con lo que venimos denominando la cultura escolar hegemónica. Tan es así, que el estudio de las teorías implícitas en la práctica docente es una potente línea de investigación (Pozo et al., 2006). Por tanto, el carácter oculto y no cuestionable de los esquemas de acción mayoritarios, y de las teorías que los sustentan, constituye un factor de resistencia a los cambios en el profesorado.

Pero tan poco visibles son para los docentes sus rutinas de acción como los modelos alternativos para la enseñanza de las ciencias. Con frecuencia, conceptos como constructivismo crítico, aprendizaje por investigación, etc. son percibidos con distancia por el profesorado, al no encontrar en ellos referentes en términos de pautas de acción. Dicho de otra manera, los profesores no abandonan un esquema de acción por un principio teórico sino por otro esquema de acción. Incluso los que tienen una actitud innovadora manifiestan dificultades para introducir cambios si no han encontrado, o construido por sí mismos, esquemas alternativos que sean percibidos como plausibles. El cambio docente, por tanto, es difícil también por el carácter teórico de las alternativas, muy alejadas del lenguaje de la acción y poco funcionales para competir con las rutinas instaladas en el aula (Duit y Treagust, 2003).

En definitiva, los docentes tienden, sin querer, a reproducir los esquemas interiorizados. Esta reproducción es vida como la manera normal de ser profesional y, cuando es cuestionada, lo es desde un discurso teórico con pocas conexiones con lo que suelen hacer en clase. De esta forma, las teorías que dan coherencia a las rutinas de acción, y que responden a una cosmovisión tradicional de la escuela, dado su carácter implícito, constituyen un conjunto de *obstáculos endógenos* para el cambio de los profesores (Figura 1). El análisis del grado de resistencia que presentan en diferentes contextos formativos es una línea de investigación crucial para avanzar en estrategias más adecuadas de desarrollo profesional (Hashweh, 1996).

Aunque en un sentido estricto los obstáculos son de naturaleza epistemológica y se refieren a la evolución del conocimiento científico (Bachelard, 1983), diferentes autores han transferido el concepto al campo de las didácticas de las ciencias y han ampliado su significado (Martinand, 1986; Astolfi, 1994; García y Rivero, 1995; Schneeberger,

1997; Porlán et al., 1998 y Solís y Porlán, 2003). Astolfi (1997) habla de tres tipos de obstáculos en relación con los alumnos: epistemológicos, psicológicos y metodológicos. Hacemos nuestra esta clasificación y la aplicamos al caso de los profesores. Como se verá a continuación, hemos usado también el término para referirnos a los *estereotipos sociales dominantes sobre la escuela* por considerarlos verdaderos obstáculos sociológicos y culturales.

Las pautas de acción mayoritarias del profesorado son coherentes con los estereotipos sociales sobre la enseñanza y el aprendizaje (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997 y Porlán y Rivero, 1998). La idea, por ejemplo, de que enseñar ciencias es explicar contenidos o la de que aprender es retener lo estudiado son ejemplos de ello. Sin embargo, la influencia de estos estereotipos va mucho más allá. Son estereotipos porque todo lo relacionado con la escuela está impregnado por esas ideas. Las escuelas, por ejemplo, están diseñadas para la transmisión de información, de manera que sus espacios moldean las conductas, haciendo fáciles y obvias unas, y difíciles y extrañas otras. En un sentido parecido, las normas curriculares prescriben la organización del tiempo en términos de número de horas por asignatura, dando por supuesto que la unidad de enseñanza es la hora. El tiempo escolar ha quedado grabado en la mente de las personas en porciones discretas de una hora, incluyendo las pautas prototípicas de esa unidad temporal. Por tanto, los estereotipos sobre la escuela ejercen un papel disuasorio, constituyéndose en *obstáculos exógenos* para el cambio profesional. Los docentes innovadores tienen que abordar un proceso de diseño y desarrollo de nuevas conductas de aula, es decir, superar sus obstáculos internos y, al mismo tiempo, asumir riesgos emocionales y sociales al transgredir lo considerado como normal y aceptable. Sin embargo, esta separación, que es útil para analizar cómo los docentes perciben la realidad, no deja de ser relativamente ficticia, ya que los supuestos que subyacen en ambos tipos de obstáculos comparten la misma cosmovisión simplificadora sobre la escuela (Figura 1).

Para muchos profesores los obstáculos exógenos son los que hacen inviables sus deseos de cambio. Y siendo cierto que son verdaderos obstáculos, consideramos, sin embargo, que los obstáculos endógenos, que permanecen ocultos, impiden desarrollar una conciencia profesional más potente para abordar los condicionantes externos y para influir en los estereotipos sociales sobre la enseñanza y el aprendizaje. Pensar que las causas de los problemas son únicamente externas tiene consecuencias paralizantes. No queremos decir que el profesorado adopte esta actitud de forma deliberada, pues ya hemos indicado que el problema le trasciende. Lo que queremos decir es que la dificultad de muchos docentes para tomar conciencia de sus implícitos y someterlos a crítica les deja desarmados para abordar las contradicciones de su práctica. Por otro lado, los deseos de cambio de los profesores se manifiestan a través de creencias explícitas sobre cómo debería ser la enseñanza de las ciencias, es lo que denominamos *concepciones movilizadoras* (Martínez, 2000 y Ballenilla, 2003) (Figura 1). Es necesario apoyarse en ellas y reforzarlas en los procesos de toma de conciencia de los obstáculos profesionales.

En definitiva, el cambio profesional es un proceso complejo y gradual; de ahí nuestro interés por investigar las transiciones de los profesores de ciencias cuando participan en procesos de formación de orientación constructivista (Porlán y Martín del Pozo, 2006).

**UN MODELO DE FORMACIÓN PARA EL CAMBIO DEL PROFESORADO DE CIENCIAS**

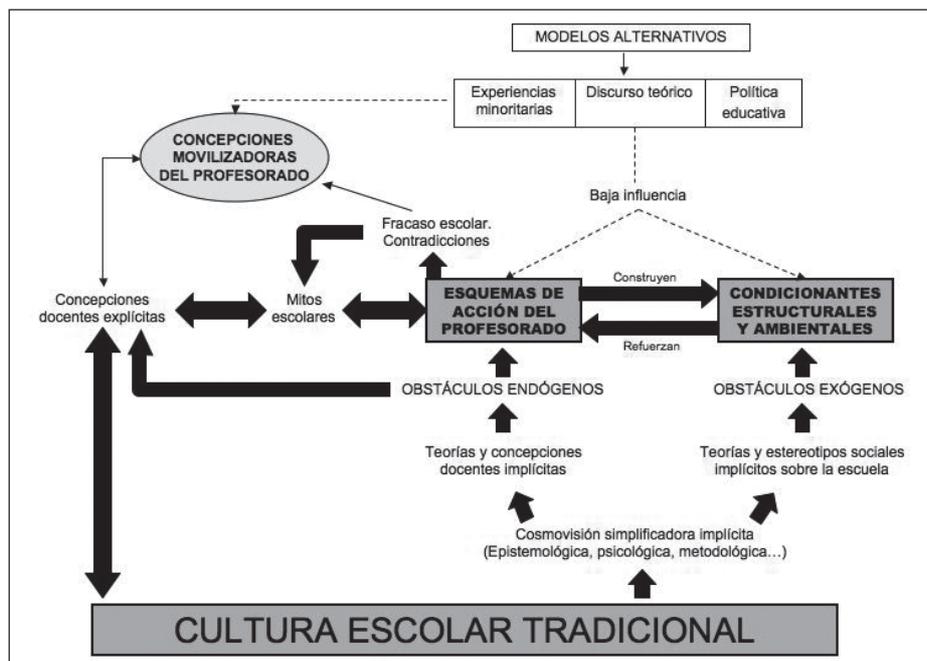
La formación del profesorado en el ámbito de la enseñanza de las ciencias se ha concretado en un currículum con tres componentes inconexos: las ciencias experimentales, las ciencias de la educación y, en el caso de la formación inicial, el prácticum. En los dos primeros se ha aplicado una estrategia formativa basada en la transmisión de información; mientras que en el prácticum ha primado un modelo *espontaneísta*, según el cual, en contacto con la escuela, los sujetos son capaces de integrar los conocimientos teóricos, relacionarlos con la experiencia y desarrollar un conocimiento profesional de calidad (Porlán y Rivero, 1998 y Rivero y Porlán 2004). Sin embargo, la realidad es diferente. Este sistema dual, lejos de ayudar a los sujetos a reconstruir sus concepciones y esquemas de acción, les satura de conocimiento académico y, al mismo tiempo, anula las potencialidades transformadoras de determinados aspectos de la teoría (Porlán et al., 2001).

**El conocimiento práctico profesional**

Este enfoque desvela un profundo desconocimiento de la naturaleza epistemológica de la actividad docente.

La práctica, entendida como intervención fundamentada en la realidad y no como mera acción, requiere de un conocimiento diferenciado del conocimiento disciplinar y del conocimiento vinculado a la experiencia, al que diversos autores denominan *conocimiento práctico profesional* (CPP) (Porlán et al., 1996; Porlán y Rivero, 1998; Bryan y Abell, 1999; Porlán y Rivero, 2001; Van Driel, Beijaard y Verloop, 2001 y Wallace y Kang, 2004) (Figura 2). Es interesante hacer una comparación entre este concepto y el de *conocimiento didáctico del contenido* (Shulman, 1986). En su versión original, el CDC se refería al *dominio del contenido para ser enseñado* (en la tradición francesa la *transposición didáctica* ocupa un espacio semántico muy similar) (Chevallard, 1985). El CDC puso en evidencia que para enseñar contenidos no era suficiente con dominarlos, sino que hacía falta algo más. Sin embargo, en la medida que la reflexión sobre el conocimiento profesional ha ido ampliando los saberes necesarios para enseñar, el CDC ha ido ampliando su significado. Zembal-Saul, Krajcik y Blumenfeld (2002), por ejemplo, consideran que un subconjunto del CDC es la *representación del contenido*, que abarca el conocimiento de *estrategias instructivas de contenidos específicos* y el conocimiento *de los aprendices y las exigencias para promover un aprendizaje significativo*. Esta continua ampliación del campo semántico del CDC ha acabado por aproximarlo a lo que otros autores denominan, creemos que con más acierto, el CPP. Como cualquier otro conocimiento profesional o disciplinar, el CPP sólo puede producirse a partir de la investigación de los problemas relevantes del ámbito epistemológico específico, es decir, de los problemas prácticos profesionales (PPP).

Figura 1  
El cambio del profesorado: situación de partida.



Pues bien, entre el conocimiento académico y el conocimiento en la acción existe un *espacio epistemológico* desaprovechado. Dicho espacio conecta con la teoría y con la acción y permite integrar fragmentos de ambos tipos de conocimientos en esquemas organizados en torno a los PPP (Flores et al., 2000) (Figura 2). Constituye una simplificación creer que hay una relación directa entre teoría y acción, pues implica ignorar que la lógica de cualquier conocimiento es deudora de los problemas, los fines y los contextos que les son propios. Así, mientras cada disciplina implicada en la formación tiene un discurso relativo a una *parte del todo* global de los procesos de enseñanza-aprendizaje, el conocimiento vinculado a la acción es, como venimos diciendo, tácito, y está organizado en rutinas relativas a problemas concretos y funcionales.

El conocimiento profesional no puede ser, por tanto, la mera aplicación de la teoría. Darle sentido a la teoría en función de los problemas prácticos es un proceso complejo que requiere establecer relaciones epistemológicas nuevas, creando significados originales y construyendo un conocimiento diferenciado para una problemática también diferenciada. Creer que de manera espontánea los sujetos en formación pueden realizar diferentes integraciones epistemológicas entre el mundo consciente de la lógica y el mundo inmediato e inseguro de la acción es una de las causas del fracaso de la formación del profesorado y una de las variables que favorecen la permanencia del modelo hegemónico de enseñanza de las ciencias (Porlán, Martín del Pozo y Martín, 2002 y Rivero y Porlán, 2004).

### Formación de profesores para investigar la práctica

Frente a esto, desde hace ya algunos años, se vienen experimentando propuestas basadas en perspectivas teóricas que compartimos y que cuestionan los fundamentos del modelo de formación descrito. Nos referimos a perspectivas como: *el cambio conceptual* (Yip, 2001); *el constructivismo* (Désautels et al., 1993, Porlán, 1993; Watts y Jofili, 1998; Flores et al., 2000 y Liang y Gabel, 2005); *el sistemismo y la complejidad* (García, 1998 y Flores et al., 2000); *la perspectiva crítica* (Watts y Jofili, 1998 y Coppel y Sanmartí, 2001); *la interacción social y las redes y comunidades de aprendizaje* (Arias, Flores y Porlán, 2001 y Liang y Gabel, 2005); *la reflexión y la investigación* (Cañal et al., 1997; Zembal-Saul, Blumenfeld y Krajcik, 2000; Bryan, 2003 y Rivero y Porlán, 2005) y *la metacognición* (Copello y Sanmartí, 2001).

En nuestro caso, venimos trabajando como formadores e investigadores en un modelo basado en los principios teóricos mencionados y al que actualmente denominamos Formación de Profesores para Investigar la Práctica (FOPIP) (Porlán y García, 1992; Martín del Pozo, 1994; Porlán y Rivero, 1998; Azcárate y Cuesta, 2005; Azcárate y Castro, 2006; Pizzato y Harres, 2007). Dicho modelo es un desarrollo del Proyecto Curricular IRES (Investigación y Renovación Escolar) y, concretamente, del diseño para la formación del profesorado Investigando Nuestra Práctica (INP), elaborado a principio de los 90 por el Grupo Investigación en la Escuela (1992). El Proyecto Curri-

cular IRES es la referencia teórica del colectivo docente RED IRES, al cual pertenecemos ([www.redires.net](http://www.redires.net)).

En este modelo se resalta la idea de *investigación de la práctica* por sus cualidades de síntesis. La investigación es una propiedad de los seres humanos que puede ser constreñida o desarrollada a lo largo de la evolución personal. Investigar implica poner en interacción, con cierto rigor, significados procedentes del sujeto que investiga, de otras personas y de los fenómenos de la realidad, para abordar problemas necesarios o interesantes. En relación con la docencia, investigar implica distanciarse de la reproducción acrítica de las prácticas tradicionales. Investigar permite construir significados más allá de los estereotipos sobre la escuela. Por último, investigar requiere poner en juego procesos reflexivos donde la interacción social y las actividades metacognitivas se fortalecen. Una visión de la investigación como ésta es, por tanto, un instrumento potente para sintetizar las características de un modelo de formación favorecedor del cambio profesional (Crawford, 1999 y Haefner y Zembal-Saul, 2004) (Figura 2). Por otro lado, hemos planteado la necesidad de que sectores significativos del profesorado se impliquen en la construcción del CPP; pues bien, la investigación es quizá la mejor estrategia para conseguirlo.

Pero ¿cuáles son los problemas relevantes de la profesión?, ¿qué PPP pueden constituir el eje de la formación del profesorado, favoreciendo la integración de los conocimientos teóricos y la experiencia? Por nuestra parte, venimos agrupando los PPP en núcleos generales que organizan el currículum formativo (Porlán et al., 1996; Porlán y Rivero, 1998; Martín del Pozo y Rivero, 2001; Harres et al., 2005 y Rivero y Porlán 2005). Concretamente, en el caso de la enseñanza de las ciencias, proponemos los siguientes:

- ¿*Cuáles deben ser los fines de la enseñanza de las ciencias?*, ¿qué modelo personal y socioambiental se pretende favorecer?...
- ¿*Qué sabemos los docentes acerca de los tópicos del currículo de ciencias?*, ¿qué deberíamos saber?...
- ¿*Qué ideas tienen los alumnos en relación con los fenómenos que estudia la ciencia?*, ¿cómo podemos analizarlas?...
- ¿*Cuál es la naturaleza de los contenidos escolares?*, ¿qué fuentes de conocimiento seleccionar?, ¿qué tipos de contenidos existen?, ¿qué relaciones hay entre ellos?...
- ¿*Qué metodología de enseñanza es más adecuada para favorecer la evolución de las ideas de los alumnos?*, ¿qué secuencia de actividades promueve mejor el aprendizaje?, ¿cómo abordar la diversidad del alumnado?...
- ¿*Cómo evaluar de manera que sirva para mejorar el aprendizaje de los alumnos y la enseñanza del profesor?*, ¿qué papel deben jugar alumnos y profesores?...
- ¿*Cómo desarrollar una unidad didáctica en el caso de la enseñanza de las ciencias?*...

- ¿Cómo desarrollar un curso completo?, ¿qué progresión del aprendizaje científico de los alumnos puede servir de referencia?...
- ¿Cuál es mi modelo didáctico personal (MDP) para la enseñanza de las ciencias?, ¿cuáles son mis principios didácticos?, ¿cómo minimizar los obstáculos procedentes del contexto escolar, social y cultural?, ¿cómo abordar mis conflictos emocionales asociados a los cambios?...

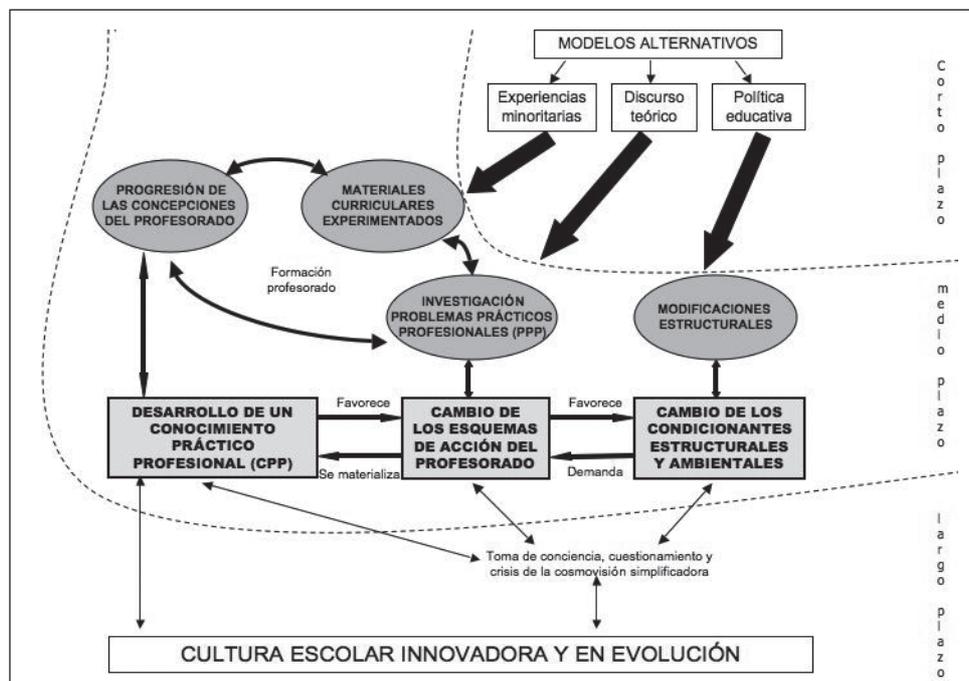
Como hemos dicho, el modelo FOPIP plantea una estrategia para hacer evolucionar las concepciones y las acciones de los profesores a partir de la investigación de los PPP. Zembal-Saul, Blumenfeld y Krajcik (2000) proponen un ciclo de formación basado en la resolución de problemas con tres fases: planificación de propuestas curriculares, aplicación en situaciones reales y reflexión sobre lo sucedido. En la misma línea, la estrategia que proponemos implica las siguientes fases:

- Organizar la formación en torno a equipos (Gustafson y Rowell, 1995; Van Driel, Beijaard y Verloop, 2001 y Liang y Gabel, 2005).
- Trabajar con tópicos relevantes y con aquella selección de PPP más adecuada para cada caso (Copello y Sanmartí, 2001).
- Tomar conciencia de las propias concepciones y esquemas de acción en relación con los PPP seleccionados (infiriendo el MDP subyacente) (Gustafson y Rowell, 1995; Bryan y Abell, 1999 y Bryan, 2003).

- Analizar dichas concepciones y ponerlas en contraste con conocimientos procedentes de las disciplinas, de la experiencia innovadora y de la investigación didáctica (Bryan y Abell, 1999 y Bryan, 2003).
- Estructurar las nuevas concepciones y esquemas de acción en torno a un diseño curricular alternativo para la enseñanza del tópico seleccionado (Gustafson y Rowell, 1995; Sanchez y Valcarcel, 2000 y Zembal-Saul, Blumenfeld y Krajcik, 2000).
- Experimentar el diseño investigando su funcionamiento real (Howe y Stubbs, 1997; Watts y Jofili, 1998 y Zembal-Saul, Krajcik y Blumenfeld, 2002).
- Elaborar conclusiones sobre la experiencia utilizando habilidades metacognitivas para comparar las concepciones y esquemas finales con los iniciales, comprender la lógica del proceso y formalizar un MDP fundamentado (Zembal-Saul, Blumenfeld y Krajcik, 2000 y Copello y Sanmartí, 2001).
- Elaborar y difundir materiales curriculares como forma de sistematizar el CPP surgido de la experiencia (Howe y Stubbs, 1997 y Mellado, 2001).

En la figura 2 se propone una estrategia global y temporal para el cambio. Aunque no se desarrolla por razones de espacio, se incluye la idea de que las políticas educativas deben centrarse en mejorar las condiciones estructurales y ambientales y no tanto en desarrollar marcos legales.

Figura 2  
El cambio del profesorado: estrategia global deseable.



**El curso *Concepciones de los Alumnos e Innovación Curricular*: una aportación concreta**

El modelo FOPIP es un marco de referencia general para la formación del profesorado y puede concretarse en diferentes propuestas dependiendo de los PPP que se aborden, del nivel educativo y del área curricular.

En relación con los PPP, Hewson y Hewson (1987) proponen organizar la formación del profesorado de ciencias en torno al análisis de las concepciones de los alumnos y al diseño de secuencias de actividades para promover el cambio conceptual. De igual manera, Zembal-Saul, Blumenfeld y Krajcik (2000) afirman que se conoce poco sobre qué aspectos de los cursos de formación provocan cambios, aunque parece que las actividades relacionadas con las ideas de los alumnos juegan un papel esencial.

Por otro lado, Bryan y Abell (1999) destacan la importancia que tiene para el cambio de concepciones de los estudiantes de magisterio el vivir experiencias de enseñanza coherentes con marcos de referencia alternativos.

Basándonos en estas aportaciones y en nuestra experiencia, hemos probado diferentes combinaciones de PPP buscando la que incidiera más eficazmente en el cambio de los sujetos. Concretamente, en los últimos años venimos experimentando un curso de 12 semanas de duración que denominamos *Concepciones de los Alumnos e Innovación Curricular* (CAIC). Dicho curso se ha aplicado en la formación inicial de maestros y en algunos casos de formación inicial del profesorado de secundaria y de formación permanente. Durante su desarrollo, los participantes siguen una secuencia flexible de actividades en torno a tres PPP:

**¿Qué ideas tienen los alumnos?**

*Actividad 0. Introducción*

- Presentación. Formación de equipos. Selección de un tópico.
- Conseguir 10 alumnos de primaria por persona para investigar sus ideas.

*Actividad 1. Primera versión de un cuestionario*

- Previa reflexión individual, los equipos elaboran un cuestionario para averiguar las ideas de los alumnos sobre el tópico elegido, indicando la lógica utilizada.
- Puesta en común a partir de la exposición de dos casos. Los equipos mejoran su cuestionario.

*Actividad 2. Aportaciones de la investigación didáctica*

- Presentación de ejemplos de cuestionarios y de ideas de los alumnos sobre diversos fenómenos (estructura de la materia, concepto de vida, digestión...). Análisis en gran grupo. Los equipos mejoran su cuestionario.
- Lectura individual de textos sobre ideas de los alumnos y aprendizaje. Debate en equipo sobre cambios a introducir en el cuestionario después de la lectura. Debate general sobre la lectura.
- Responder en equipo al guión: *¿Cómo hacer un cuestionario?* (Anexo 1).

*Actividad 3. Elaborar y administrar el cuestionario definitivo*

- Elaborar en equipo la versión definitiva, indicando la lógica utilizada. Comparar la primera y la última versión del cuestionario. Metarreflexión sobre el proceso de cambio.
- Puesta en común a partir de la exposición de dos casos. Conclusiones sobre instrumentos para detectar ideas de los alumnos.
- Administrar el cuestionario.

*Actividad 4. Estudio piloto*

- Los equipos deciden una primera versión del método de análisis y lo aplican a 10 cuestionarios.
- Puesta en común a partir de la exposición de dos casos. Los equipos revisan el método de análisis.

*Actividad 5. Aportaciones de la investigación didáctica*

- Responder individualmente a un cuestionario sobre un contenido concreto.
- En equipo, clasificar por niveles de complejidad las ideas de los alumnos sobre el mismo contenido. Describir los obstáculos entre niveles.
- Hacer lo mismo con sus respuestas al cuestionario anterior. Comparar las respuestas de los alumnos con las suyas. Debate sobre ideas escolares y espontáneas, nivel de formulación, obstáculos...
- Presentación de ejemplos de análisis de ideas de los alumnos. Debate en gran grupo. Los equipos mejoran su método.
- Responder en equipo al guión: *¿Cómo analizar las ideas de los alumnos?* (Anexo 2).

*Actividad 6. Estudio completo*

- Los equipos deciden y aplican a toda la muestra la versión definitiva del método.
- Puesta en común a partir de la exposición de dos equipos sobre el análisis y los resultados que van obteniendo. Se revisa el método de análisis.
- Reflexión metacognitiva sobre la metodología de análisis. Resultados y consecuencias didácticas.

**¿Qué contenidos enseñar?**

*Actividad 7. Primera propuesta*

- Previa reflexión individual y teniendo en cuenta los resultados anteriores, elaborar en equipo una propuesta de contenidos para el tópico elegido.
- Puesta en común a partir de dos casos. Se mejoran los contenidos.

*Actividad 8. Aportaciones de la investigación didáctica*

- Presentación de ejemplos de contenidos con diversidad de tipos, fuentes, organización, presentación y niveles. Debate. Se mejoran los contenidos.
- Lectura individual de textos sobre los contenidos. Debate en equipo sobre cambios a introducir en los contenidos después de la lectura. Debate general sobre la lectura.
- Responder en equipo al guión: *¿Qué contenidos enseñar?* (Anexo 3).

*Actividad 9. Propuesta definitiva*

- Elaborar en equipo la propuesta definitiva de contenidos para el tópico. Comparar la primera y la última propuesta de contenidos. Metarreflexión sobre el proceso de cambio.
- Puesta en común a partir de dos casos. Conclusiones sobre los contenidos (fuentes, tipos, organización...).

**¿Qué plan de actividades elaborar?***Actividad 10. Primer plan*

- Previa reflexión individual y teniendo en cuenta lo anterior, elaborar la primera versión del plan de actividades.
- Puesta en común a partir de dos casos y análisis del modelo metodológico subyacente. Se modifican los planes de actividades.

*Actividad 11. Aportaciones de la investigación didáctica*

- Presentación de ejemplos de actividades, secuencias, modelos metodológicos, etc. Se mejoran los planes de actividades.
- Lectura individual de textos sobre metodología. Debate en equipo sobre los cambios a introducir en el plan de actividades después de la lectura. Debate general sobre la lectura.
- Responder en equipo al guión: *¿Qué plan de actividades elaborar?* (Anexo 4).

*Actividad 12. Plan definitivo*

- Elaborar la versión definitiva.
- Puesta en común a partir de dos casos. Reflexión metacognitiva sobre metodología de enseñanza (actividad, secuencia de actividades, modelos metodológicos...).

En los casos de formación inicial, debido a la separación que existe entre asignaturas y prácticum, el CAIC no incluye una fase de aplicación. Sin embargo, en los casos de formación permanente, se pone en práctica y se evalúa el plan diseñado.

**CONCLUSIONES**

Coincidiendo con el final de este artículo, se dan a conocer los resultados del informe PISA (Varios autores, 2007) que en esta ocasión pone el énfasis en el aprendizaje científico. Las conclusiones apuntan en la misma dirección que el diagnóstico con el que comenzamos: el modelo de enseñanza basado en la transmisión directa de los contenidos no promueve un aprendizaje de calidad en muchos estudiantes. A pesar de los datos que refuerzan esta idea, el modelo mantiene su hegemonía impregnando los esquemas de acción de los profesores, la cultura de los centros y los estereotipos sociales sobre la escuela. Cambiar este estado de cosas es un proceso complejo que requiere una estrategia de actuación en múltiples ámbitos. Uno de los más importantes consiste en fortalecer el CPP del profesorado, superando la reproducción acrítica de las pautas de acción tradicionales y construyendo aquellas otras que desarrollen las capacidades de los alumnos.

Sin embargo, tenemos aún poca información sobre cómo cambian los docentes. La investigación sobre el profesorado se ha centrado más en describir sus concepciones y sus acciones que la dinámica del cambio. Sabemos que determinadas concepciones actúan como obstáculos que impiden una mirada diferente sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje, pero no sabemos qué alternativas construyen los docentes al tomar conciencia de ellas y afrontar sus limitaciones. Es decir, *no sabemos qué progresiones caracterizan el cambio de los profesores en formación y en ejercicio cuando participan en un proceso formativo constructivista*. Pues bien, es nuestra intención hacer aportaciones en este sentido. En este artículo hemos tratado de describir el estado actual de la enseñanza de la ciencia y del profesorado, de argumentar las características del CPP deseable y de fundamentar un modelo formativo que promueva el cambio a través de la investigación de los PPP. En el próximo artículo presentaremos y analizaremos algunos *itinerarios de progresión* de diferentes muestras de sujetos durante su participación en el curso *Concepciones de los Alumnos e Innovación Curricular*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, J.M., HAGGERTY, S.M. y LINDER, C.J. (1990). Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12(4), pp. 381-390.
- ARIAS, M.D., FLORES, A. y PORLÁN, R. (2001). *Redes de maestros. Una alternativa para la transformación escolar*. Sevilla: Díada.
- ASTOLFI, J.P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 206-216.
- ASTOLFI, J.P. (1997). *Conceptos claves en la Didáctica de las Disciplinas*. Sevilla: Díada.
- AZCÁRATE, P. y CUESTA, J. (2005). El profesorado novel de secundaria y su práctica. Estudio de un caso en las áreas de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(3), pp. 393-402.
- AZCÁRATE, P. y CASTRO, L. (2006). La evolución de las ideas profesionales y la reflexión: Un binomio necesario. *Cuadrante XV* (1 y 2), pp. 33-64.
- BACHELARD, G. (1983). *La formación del espíritu científico*. Madrid: Siglo XXI.
- BALLENILLA, F. (2003). *El prácticum en la formación inicial del profesorado de ciencias de enseñanza secundaria*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- BRYAN, L.A. (2003). Nestedness of beliefs: examining a prospective elementary teacher's belief system about science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9), pp. 835-868.
- BRYAN, L.A. y ABELL, S.K. (1999). Development of professional knowledge in learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), pp. 121-139.
- CAÑAL, P., LLEDÓ, A., POZUELOS, F.J. y TRAVÉ, G. (1997). *Investigar en la Escuela*. Sevilla: Díada.
- COPELLO, M.I. y SANMARTÍ, N. (2001). Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 269-283.
- CRAWFORD, B.A. (1999). Is it realistic to expect a preservice teacher to create an inquiry-based classroom? *Journal of Science Teacher Education*, 10(3), pp. 175-194.
- CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- DA-SILVA, C., MELLADO, V. y PORLÁN, R. (2007). Evolution of the conceptions of a secondary education biology teacher: longitudinal análisis using cognitive maps. *Science Education*, 91(3), pp. 461-491.
- DÉSAUTELS, J. et al. (1993). La formation à l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, pp. 49-67.
- DRIVER, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *Internacional Journal of Science Education*, 11(5), pp. 481-490.
- DUIT, R. y TREGUST, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), pp. 671-688.
- FLORES, F., LÓPEZ, A., GALLEGOS, L. y BAROJAS, J. (2000). Transforming science and learning concepts of physics teachers. *International Journal of Science Education*, 22(2), pp. 197-208.
- GALSSON, G.E. y LALIK, R.V. (1993). Reinterpreting the learning cycle from a social constructivist perspective: a qualitative study of teachers' beliefs and practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2), pp. 187-207.
- GARCÍA, F.F. y RIVERO, A. (1995). Dificultades y obstáculos en la construcción del conocimiento escolar en una hipótesis de progresión de lo simple a lo complejo. Reflexiones desde el ámbito del medio urbano. *Investigación en la Escuela*, 27, pp. 83-94.
- GARCÍA, J.E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- GARCÍA, J.E., GARCÍA, F.F., MARTÍN, J. y PORLÁN, R. (2007). ¿Son incompatibles la escuela y las nuevas pautas culturales? *Investigación en la Escuela*, 63, pp. 17-28.
- GRUPO INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA (1992). *Proyecto Curricular «Investigación y Renovación Escolar» (IRES)*. Sevilla: Díada.
- GUSTAFSON, B.J. y ROWELL, P.M. (1995). Elementary preservice teachers: constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 17(5), pp. 589-605.
- HAEFNER, L.A. y ZEMBAL-SAUL, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), pp. 1653-1674.
- HARRES, J. B., PIZZATO, M. C., FONSECA, M. C., HENZ, T., PREDEBON, F. y SEBASTIANY, A.P. (2005). *Laboratórios de ensino: inovação curricular na formação de professores de ciências*. São Paulo: ESETec Editores.
- HASHWEH, M.Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), pp. 47-63.
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M.G. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: implications for teacher education. *International Journal of Science Education*, 9(4), pp. 425-440.
- HOWE, A.C. y STUBBS, H.S. (1997). Empowering science teachers: a model for professional development. *Journal of Science Teacher Education*, 8(3), pp. 167-182.
- LIANG, L.L. y GABEL, D.L. (2005). Effectiveness of a constructivist approach to science instruction for prospective elementary teachers. *International Journal of Science Education*, 27(10), pp. 1143-1162.
- MARTINAND, J.L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berna: Peter Lang.

- MARTÍN DEL POZO, R. (1994). Tentative de définition d'un savoir professionnel sur le changement chimique pour la formation des enseignants. *Aster*, 18, pp. 217-240.
- MARTÍN DEL POZO, R. (2001). Lo que saben y lo que pretenden enseñar los futuros profesores sobre el cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp.199-215.
- MARTÍN DEL POZO, R. y PORLÁN, R. (2001). Spanish prospective teachers' initial ideas about teaching chemical change. *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 2, pp. 265-283.
- MARTÍN DEL POZO, R. y RIVERO, A. (2001). Construyendo un conocimiento profesionalizado para enseñar ciencias en la Educación Secundaria: los ámbitos de investigación profesional en la formación inicial del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, pp. 63-79.
- MARTÍNEZ, C.A. (2000). *Las propuestas curriculares de los profesores sobre el conocimiento escolar: dos estudios de caso en el área de conocimiento del medio*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- MELLADO, V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, pp. 17-30.
- NIEDDERER, H., GOLDBERG, F. y DUIT, R. (1992). Towards learning process studies: a review of the workshop on research in physics learning, en Niedderer, Goldberg and Duit (eds.), *Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies. Proceedings of an international workshop*. Germany: IPN.
- PIZZATO, M.C. y HARRES, J.B.S. (2007). Aprendizagem significativa e transformação na convivência: aproximações e indicadores para a formação de professores de ciências. *Boletín de Estudios e Investigación Indivisa*, 8, pp. 429-439.
- PORLÁN, R. (1993). *Constructivismo y Escuela*. Sevilla: Díada.
- PORLÁN, R. y GARCÍA, S. (1992). The change of teachers' conceptions: a strategy for in-service science teachers' education. *Teaching & Teacher Education*, 8 (5/6), pp. 537-548.
- PORLÁN, R. y HARRES, J.B. (1999). La epistemología evolucionista de Stephen Toulmin y la enseñanza de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 39, pp. 17-26.
- PORLÁN, R. y MARTÍN DEL POZO, R. (1996). Ciencia, Profesores y Enseñanza: unas relaciones complejas. *Alambique*, 8, pp. 23-32.
- PORLÁN, R. y MARTÍN DEL POZO, R. (2002). Spanish teachers' epistemological and scientific conceptions: implications for teacher education. *European Journal of Teacher Education*, 25(2/3), pp. 151-169.
- PORLÁN, R. y MARTÍN DEL POZO, R. (2004). The conceptions of in-service and prospective primary school teachers about the teaching and learning of science. *Journal of Science Teacher Education*, 15, pp. 39-62.
- PORLÁN, R. y MARTÍN DEL POZO, R. (2006). ¿Cómo progresa el profesorado al investigar problemas prácticos relacionados con la enseñanza de la ciencia? *Alambique*, 48, pp. 92-99.
- PORLÁN, R., MARTÍN DEL POZO, R. y MARTÍN, J. (2002). Conceptions of school-based teacher educators concerning ongoing teacher education. *Teaching & Teacher Education*, 18, pp. 305-321.
- PORLÁN, R., AZCÁRATE, P., MARTÍN DEL POZO, R., MARTÍN TOSCANO, J. y RIVERO, A. (1996). Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores: Fundamentos y principios formativos. *Investigación en la Escuela*, 29, pp. 23-38.
- PORLÁN, R., GARCÍA, J.E., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage. *Aster*, 26, pp. 207-235.
- PORLAN, R., MARTÍN DEL POZO, R., MARTÍN, J. y RIVERO, A. (2001). *La relación teoría-práctica en la formación permanente del profesorado*. Sevilla: Díada.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (2001). Nature et organisation du savoir professionnel «souhaitable». *Aster*, 32, pp. 221-251.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), pp. 155-171.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 271-288.
- POZO, J.I., SCHEUER, N., PÉREZ, M.P., MATEOS, M., MARTÍN, E. y DE LA CRUZ, M. (2006). *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje*. Barcelona: Graó.
- PRIETO, T., BLANCO, A. y BRERO, V. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), pp. 3-14.
- RIVERO, A. y PORLÁN, R. (2004). The difficult relationship between theory and practice in an in-service course for science teachers. *International Journal of Science Education*, 26(10), pp. 1223-1245.
- RIVERO, A. y PORLÁN, R. (2005). Areas of professional research: A proposal for organising the content of teacher education, en Denicolo y Kompf (eds). *Connecting Policy and Practice. Challenges for teaching and learning in schools and universities*. London: Routledge.
- RUEL, F., DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (1997). Enseigner et apprendre les sciences: représentations sociales de futurs enseignants et enseignantes. *Didaskalia*, 10, pp. 51-73.
- SÁNCHEZ, G., y VALCÁRCEL, M. V. (2000). ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? Cambios y dificultades tras un programa de formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), pp. 423-437.
- SCHNEEBERGER, P. (1997). L'idée d'obstacle dans la formation des professeurs des écoles. *Aster*, 25, pp. 9-31.
- SCHANK, R. y ABELSON, R. (1977). *Scripts, plans, goals and understanding: An inquiry into human knowledge structures*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

- SCOTT, P.H. (1992). Pathways in learning science: a case study of the development of one student's ideas relating to the structure of matter, en Duit, Goldberg y Niedderer: *Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies*. Germany: IPN.
- SHULMAN, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), pp. 4-14.
- SOLÍS, E. y PORLÁN, R. (2003). Las concepciones del profesorado de ciencias de secundaria en formación inicial: ¿obstáculos o punto de partida? *Investigación en la Escuela*, 49, pp. 5-22.
- TOBIN, K. y MCROBBIE, C.J. (1996). Cultural myths as constraints to the enacted science curriculum. *Science Education*, 80, pp. 223-241.
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana, Vol.1. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- VAN DRIEL, J., BEIJAARD, D y VERLOOP, N. (2001). Professional development and reform in science education: the role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), pp. 137-158.
- VARIOS (2007). PISA 2006. Informe español. Madrid: MEC.
- WALLACE, C.S. y KANG, N. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: an examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), pp. 936-960.
- WATSON, R. y LEACH, J. (1996). Dissolving ideas. *Education in Chemistry*, 33(4), pp. 101-102.
- WATTS, M. y JOFILI, Z. (1998). Towards critical constructivist teaching. *Internacional Journal of Science Education*, 20(2), pp. 173-185.
- YIP, D.Y. (2001). Promoting the development of a conceptual change model of science instruction in prospective secondary biology teachers. *International Journal of Science Education*, 23(7), pp. 755-770.
- ZEMBAL-SAUL, C., BLUMENFELD, PH. y KRAJCIK, J. (2000). Influence of guided cycles of planning, teaching, and reflection on prospective elementary teachers' science content representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), pp. 318-339.
- ZEMBAL-SAUL, C., KRAJCIK, J. y BLUMENFELD, PH. (2002). Elementary student teachers' science content representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), pp. 318-339.
- ZEMBAL-SAUL, C., HAEFNER, L., AVRAAMIDOU, L., SEVERS, M. y DANA, T. (2002). Web-based portfolios: a vehicle for examining prospective elementary teachers' developing understandings of teaching science. *Journal of Science Teacher Education*, 13(4), pp. 283-302

[Artículo recibido en mayo de 2008 y aceptado en abril de 2009]

ANEXO 1

**Documento 2: ¿Cómo hacer un cuestionario?**

1. Con el cuestionario se pretende conocer las ideas de los alumnos sobre un tópico: ¿qué utilidad tiene conocerlas?  
Al decir ideas de los alumnos, ¿a qué nos referimos?
2. Según dice "Frato" en la transparencia (*tú qué quieres saber, lo que me han enseñado en la escuela o lo que yo pienso*), parece que los alumnos tienen ideas propias e ideas que identifican con lo escolar. ¿Qué opináis?  
¿A vosotros os pasa igual? En caso afirmativo, poned un ejemplo  
¿Cuál de los dos tipos de ideas conoceríais si pasarais la primera versión del cuestionario?  
¿Cuál de los dos tipos de ideas son más interesantes desde el punto de vista educativo?
3. ¿Habéis mantenido la versión inicial del cuestionario? En caso contrario, ¿en qué sentido ha cambiado? ¿por qué?
4. Cada pregunta se refiere a un aspecto del tópico elegido, ¿habéis utilizado algún criterio para decidir sobre qué aspectos preguntar? En caso afirmativo, ¿cuál o cuáles?
5. Haced una lista con lo más importante que se debería trabajar en primaria sobre el tópico.  
Volviendo al cuestionario ¿cambiaríais algo después de haber hecho la lista? En caso afirmativo, ¿qué cambiaríais?

ANEXO 2

**Documento 5: ¿Cómo analizar las ideas de los alumnos?**

1. Al comparar las ideas de alumnos de edades parecidas, ¿qué esperáis?:  
Que predominen las semejanzas.  
Que predominen las diferencias.  
Que aparezcan semejanzas y diferencias.
- Justificar la respuesta.
2. ¿Qué criterios se deben usar para clasificar las ideas de los alumnos?
  3. Los investigadores están interesados en analizar las ideas de los alumnos. ¿Aporta esto algo útil para enseñar y aprender mejor los contenidos?  
En caso afirmativo, ¿qué aporta?, ¿por qué es útil?
  4. ¿Qué opinión tenéis sobre el aprendizaje escolar?  
¿Qué es necesario para que haya buen aprendizaje?
  5. En toda investigación se debe seguir una metodología. Para analizar ideas de los alumnos, ¿qué pasos se deben seguir? Argumentadlos.  
Según esto, ¿debéis cambiar la metodología del estudio piloto? En caso afirmativo, ¿qué y por qué?

## Anexo 3

### Documento 8: ¿Qué contenidos enseñar?

1. ¿Existen diferentes tipos de contenidos? En caso afirmativo, ¿qué tipos? Poned dos ejemplos de cada uno.
2. (En cada caso se utilizará el ejemplo apropiado). Imaginad una clase de primaria y otra de la facultad de biología. En ambas se está abordando *la respiración*. ¿Habría diferencias entre el contenido de primaria y el de la universidad? En caso afirmativo, ¿cuáles?
3. Imaginad dos alumnos de primaria. El niño A considera que *la respiración es tomar y expulsar aire* y el niño B que *es un proceso pulmonar por el cual el oxígeno del aire llega a la sangre y el anhídrido carbónico se expulsa al exterior*. El maestro explica la respiración celular. Suponiendo que el niño A esté atento: ¿aprenderá significativamente?, ¿por qué?  
 ¿Cuáles son las necesidades de aprendizaje del niño A en relación con este contenido?  
 ¿Son atendidas por el maestro?  
 Suponiendo que el niño B esté atento, ¿aprenderá significativamente?, ¿por qué?  
 ¿Cuáles son las necesidades de aprendizaje del niño B en relación con este contenido?  
 ¿Son atendidas por el maestro?  
 Al decidir los contenidos, ¿hay que respetar algunas condiciones para que se dé un buen aprendizaje? En caso afirmativo, ¿cuáles?, ¿por qué provocarían un buen aprendizaje?
4. Los contenidos se suelen organizar como listados de temas. Según vosotros, ¿cómo se deben organizar?  
 ¿Cómo se deben presentar a los alumnos?
5. Habitualmente los contenidos se basan en los conceptos de las disciplinas, ¿hay otros conocimientos que deben influir también? En caso afirmativo, ¿cuáles?, ¿por qué deben influir?

## Anexo 4

### Documento 11: ¿Qué plan de actividades elaborar?

1. Hay autores que definen la actividad como la unidad de programación, de manera que una actividad puede ser una explicación, una sesión de pequeño grupo, un debate o un experimento. Según esto, un plan de enseñanza sería un conjunto de actividades ordenadas en el tiempo  
 ¿Cuál es vuestra opinión?
2. ¿Qué condiciona el orden en vuestro plan de actividades?:  
 ¿Los contenidos conceptuales?  
 Nada, pues la secuencia ha salido al azar.  
 Las ideas de los alumnos, pues se sigue esta secuencia: conocerlas, corregir los errores y comprobar si han cambiado.  
 Si no os identificáis con estas opciones, ¿cuál es la vuestra?
3. Todo plan de actividades responde a una metodología de enseñanza y a una cierta idea sobre cómo aprenden los alumnos. Las frases que siguen reflejan algunas metodologías:  
 Explicar la teoría y hacer prácticas para aplicarla.  
 Actividades de observación, dar la teoría y comprobar lo aprendido con un examen.  
 Conocer las ideas de los alumnos, explicar los errores detectados y poner un test de comprobación.  
 Se plantea un problema, los alumnos expresan sus ideas, se hacen actividades para que dichas ideas evolucionen y se sintetiza lo aprendido.  
 Actividades de motivación, experimentación, explicación y aplicación.  
 Hacer un esquema con vuestro modelo metodológico. Explicarlo y justificarlo.  
 ¿Es coherente la primera versión del plan de actividades con este modelo? Si las hay, explica las incongruencias.
4. ¿Qué son los recursos didácticos?  
 Enumerad diferentes tipos de recursos y explicad su función
5. Según todo lo visto, ¿qué cambios debéis hacer en la primera versión del plan de enseñanza?, ¿por qué?

## Science Teacher Change I: Theoretical and Teacher Education Framework

PORLÁN, RAFAEL<sup>1</sup>; MARTÍN DEL POZO, ROSA<sup>2</sup>; RIVERO, ANA<sup>1</sup>; HARRES, JOAO<sup>3</sup>; AZCÁRATE, PILAR<sup>4</sup> y PIZZATO, MICHELLE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla

<sup>2</sup> Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Complutense de Madrid

<sup>3</sup> Faculdade de Física. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Brasil

<sup>4</sup> Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz

<rporlan@us.es>, <martin@edu.ucm.es>, <arivero@us.es>, <joao.harres@puers.br>, <pilar.azcarate@uca>, <pizzato@univates.br>.

### Summary

This work, the first of two, summarizes the theoretical arguments on which we support our current teacher education proposals.

We reflect on the need to change the dominant model of science teaching, and on the desirability of teachers constructing their own practical profession knowledge that overcomes disjunctions such as: theory/practice, scientific/educational knowledge, etc.

To this end, we analyze the present state of school and science teaching, and focus on the obstacles to teacher change, placing particular emphasis on the need to investigate their transitions and progress when they are participating in teacher education processes.

The difficulty in changing the conceptions of science teachers is due to the hidden and unquestionable nature of the predominant schemes of action and of the theories that sustain them, and to the theoretical character of the alternatives which are very far removed from the language of action and do not have the immediate functionality to allow them to compete with the routines already implanted in the classroom.

The development of new professional knowledge is a nonlinear process, requiring the recognition and resolution of endogenous obstacles are inherent to the teachers' conceptions, and exogenous obstacles which are linked to social stereotypes about the school. The assumptions underlying both types of obstacles share the same simplistic world-view of the school.

For many teachers, it is the exogenous obstacles which make their desires for change inviable. However, it is the hidden endogenous obstacles that prevent the development of a professional awareness that is better empowered to confront the external constraining factors and to influence social stereotypes on teaching and learning.

Lastly, on the basis of different theoretical foundations (social constructivism, critical theory, etc.), a description is given of the model *Teacher Education for Research into Practice* (TERIP) which is aimed at fostering teacher change via inquiry into *Practical Professional Problems* (PPPs).

In this model, professional knowledge is considered to be more than the mere application of theory. It is knowledge

that acquires meaning in terms of the resolution of practical problems. It is a differentiated type of knowledge which is related to an also differentiated set of problems (school practice), and for its construction it is necessary to establish new epistemological relationships between different classes of information.

We stress the idea of *Research into Practice* because of its qualities of synthesis. With respect to teaching, carrying out research involves distancing oneself from the uncritical reproduction of traditional practices. It also allows one to construct meanings beyond the stereotypes of the school. And lastly, it also requires bringing into play reflective processes in which social interaction and metacognitive activities are strengthened. This type of research view therefore represents a powerful tool to synthesize the characteristics of a Teacher Education Model that favours professional change.

We indicate and analyze some of the profession's major problems – an analysis which we use to organize the teacher education curriculum. These problems include: how to analyze pupils' ideas; how to address pupils' diversity; how to evaluate in a way that serves to enhance learning; etc.

The TERIP model is a general framework for teacher education. It can be particularized in terms of different proposals, depending on which PPPs are addressed, the educational level, and the curricular area. In particular, in the last few years we have been experimenting with a 12 week course that we call *Pupils' Conceptions and Curricular Innovation (PCCI)*. This course has been applied in primary teacher initial education, and in some cases in secondary teacher initial education and in continuing teacher education. During the course, the participants follow a flexible sequence of activities around three PPPs: What ideas do the pupils have? What content should be taught? What plan of activities should be developed?

The strategy that we propose involves the following phases: organizing teacher education around work in teams; working with the selection of PPPs that is most appropriate for each case; gaining awareness of one's own conceptions; contrasting them against other knowledge; structuring new schemes around an alternative curricular design; experimenting with it; drawing conclusions about the experiment using metacognitive skills; and preparing curricular materials as a way of systematizing the professional knowledge arising from the experiment.

