

## **¿POR QUÉ A LOS PROFESORES DE CIENCIAS NOS CUESTA TANTO CAMBIAR NUESTRAS CONCEPCIONES Y MODELOS DIDÁCTICOS?\***

VICENTE MELLADO JIMÉNEZ

### **RESUMEN**

El cambio es una de las palabras que más caracterizan a nuestro tiempo. Sin embargo, ¿estamos preparados los profesores para trabajar en la diversidad y en la incertidumbre?, ¿forma parte el cambio de nuestra cultura profesional? ¿qué obstáculos nos impiden asumir las innovaciones didácticas? ¿qué factores estimulan los cambios didácticos?. En este artículo, partiendo de una analogía con el cambio científico en filosofía de la ciencia, analizamos los procesos de cambio de las concepciones y prácticas didácticas de los profesores de ciencias, en los modelos de racionalidad técnica, de cambio conceptual y de cambio gradual o evolutivo basado en la investigación. Finalizamos con las metáforas como herramienta de intervención con el profesorado.

### **ABSTRACT**

Change is one of the words that most characterizes our time. However, are teachers prepared to work in diversity and uncertainty?, does change form part of our professional culture?, which obstacles prevent teachers from taking on educational innovations? what factors stimulate educational changes? In this article, we review different models of teacher's educational changes through an analogy with the scientific change in the philosophy of science. We analyze the processes of science teachers' conceptual change and classroom practice, in the models of technical rationality, conceptual change and gradual or evolutionary change based on investigation. We finalize with metaphors as an intervention tool for teachers.

### **PALABRAS CLAVE**

Formación de profesores de ciencias en ejercicio, Cambio de concepciones y prácticas docentes, Metáforas.

### **KEYWORDS**

Science teachers' education, In service teacher, Change of educational conceptions and classroom practice, Metaphors.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El cambio es una de las palabras que más caracterizan a nuestro tiempo: cambio en la sociedad, en la orientación de la ciencia, en la educación científica, en la escuela y en los sistemas educativos. Vivimos en una época de cambios acelerados, de sociedades interdependientes por la globalización de la economía, de los medios de comunicación y de los problemas medio-ambientales. Sin embargo, a pesar de los medios de que se dispone, en muchos lugares del planeta sigue existiendo el hambre, la guerra, la intolerancia y una creciente degradación del medio ambiente. Como tantas veces, la educación sigue

- 
- Una primera versión fue presentada al *VIII Encontro Nacional de Educação em Ciência*, celebrado en Azores (Portugal) del 2 al 4 de Noviembre de 2000.

proponiéndose desde las mismas Naciones Unidas como un bastión al que aferrarnos para construir una sociedad mejor (Annan, 2000), y específicamente se aboga por la contribución de la educación científica al desarrollo humano y al progreso de los pueblos (Mayor Zaragoza y Bindé, 1999).

La concepción de la ciencia ha cambiado en las últimas décadas con la nueva filosofía de la ciencia, que nos ha ayudado a huir de reduccionismos absolutistas, y a reflexionar sobre la complejidad del conocimiento científico, de su construcción histórica, de sus cambios, y de sus relaciones con la tecnología y los acontecimientos sociales (Paixão y Cachapuz, 1998). La ciencia, concebida como una extraordinaria construcción de la inteligencia humana, debe constituir una parte consustancial de la cultura de todos los ciudadanos y ciudadanas que nos ayude a comprender, interpretar y transformar a la naturaleza y a nosotros mismos.

También la escuela es cada vez más compleja y heterogénea, porque lo son los propios alumnos y el contexto social que la rodea. Los Sistemas Educativos intentan adaptarse a estos cambios con reformas que habrá que evaluar para averiguar sus fortalezas y debilidades y si sus resultados se corresponden con los fines que se proponían. El aumento de la escolaridad obligatoria, la creciente interculturalidad, la conflictividad en las aulas, los nuevos conocimientos y el extraordinario avance de las nuevas tecnologías de la información, suponen un reto permanente para los profesores de secundaria, muchos de los cuales encuentran un desajuste entre su rol tradicional y lo que se espera de ellos. Sin embargo existe prácticamente unanimidad en destacar la relevancia del profesorado en la mejora cualitativa de los sistemas educativos y en considerar al profesorado el factor clave que determina el éxito o el fracaso de cualquier reforma o innovación curricular (Porlán y Rivero, 1998; Tobin *et al.* 1994). En ámbitos internacionales cobra cada vez mayor importancia el cambio educativo, habiéndose dedicado a este tema el *International Handbook of Educational Change* editado por Hargreaves *et al.* (1999).

En este escenario los profesores tenemos un papel fundamental para que los escolares tengan un aprendizaje de las ciencias atractivo, motivador, riguroso, y, al mismo tiempo, crítico, profundamente humano, y comprometido con los problemas de nuestro tiempo. Sin embargo, ¿estamos preparados los profesores para trabajar en la diversidad y en la incertidumbre?, ¿forma parte el cambio de nuestra cultura profesional? ¿qué obstáculos nos impiden asumir las innovaciones didácticas? ¿qué factores estimulan los cambios didácticos?

Los procesos de cambio que se producen en el profesorado de ciencias experimentales en sus distintas etapas, su relación con las concepciones y conocimientos y con la práctica docente en el aula, así como los aspectos que facilitan u obstaculizan estos procesos de cambio, son un tema clave en las investigaciones sobre formación del profesorado (Valcárcel y Sánchez, 2000) por su enorme transcendencia para la mejora de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias: “*La comprensión de los procesos de cambio son ciertamente la llave para comprender el aprendizaje a cualquier edad. Para mejorar [la enseñanza de las ciencias], los formadores deberían concentrar una considerable porción de sus energías en investigar el cambio de los profesores*” (Abell y Pizzini, 1992, p. 661). Cada vez hay más resultados que inciden en que formación de profesores y cambio educativo son dos procesos interrelacionados e indisolubles (Marcelo, 1994).

En los últimos años el paradigma constructivista se ha mostrado como un marco teórico de referencia en la investigación en didáctica de las ciencias, tanto en el aprendizaje de los alumnos como en la formación del profesorado, y constituye un referente de reflexión crítica para comprender los procesos de aprender a enseñar y de cambio de los profesores de ciencias. Desde distintos marcos teóricos se converge en la importancia del análisis de las concepciones, roles, conocimientos, actitudes y conducta en el aula de los profesores, para a partir de ellos reconstruir el conocimiento profesional:

“Los resultados de los programas dirigidos al cambio del profesorado sugieren que los profesores construyen sus conocimientos a través de la integración del nuevo aprendizaje con los conocimientos y concepciones previas, de su aplicación a la práctica y de la reflexión de los resultados” (Marx et al, 1998, p. 669).

Numerosas investigaciones con o sobre el profesorado de ciencias (Mellado, 1998; Porlán y Rivero, 1998) inciden en la relevancia de sus ideas, concepciones y actitudes sobre la ciencia y sobre la forma de aprenderla y enseñarla, fruto tanto de su formación y experiencia profesional como de los muchos años que previamente pasaron como escolares. Estas concepciones son a menudo implícitas, resultan más estables cuanto más tiempo llevan formando parte del sistema de creencias de cada persona, y en muchas ocasiones están alejadas de los puntos de vista defendidos por la nueva filosofía de la ciencia, de los modelos más innovadores de la didáctica de las ciencias, o de las actuales propuestas didácticas y curriculares.

Inicialmente, las investigaciones asumían la relación entre las concepciones y la conducta docente del profesor en el aula. Sin embargo, se han detectado numerosas inconsistencias entre concepciones y conductas docentes, por ejemplo en cuanto a la naturaleza de la ciencia (Lederman, 1992), si los profesores carecen del necesario conocimiento práctico funcional en el aula. La consideración de la complejidad del aula, ha llevado a muchos investigadores a matizar la influencia de las concepciones de los profesores en la conducta en el aula, y a resaltar la importancia del conocimiento práctico, que guía la conducta y que no se corresponde con las concepciones o los conocimientos teórico-proposicionales del profesor (Marx et al, 1998).

## **2. APORTACIONES DE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA A LOS MODELOS DE CAMBIO DIDÁCTICO DEL PROFESORADO DE CIENCIAS EXPERIMENTALES**

De forma similar al aprendizaje de los alumnos (Mellado y Carracedo, 1993) la filosofía de la ciencia puede servirnos de referencia para analizar los procesos de cambio que se producen en el profesorado. Las distintas teorías sobre como se produce el cambio y el progreso científico, según distintas orientaciones de la filosofía de la ciencia, nos proporcionan por analogía, un marco de referencia para comprender los distintos modelos y variables que intervienen en los procesos de cambio de las concepciones y conductas docentes del profesorado de ciencias. Estas analogías son una referencia más que enriquece nuestra visión compleja de los procesos de cambio, aunque en ningún caso queremos caer en simplificaciones reduccionistas que nos impidan apreciar los aspectos globales y las aportaciones realizadas desde otros campos.

Una analogía es una comparación entre dominios, cosas, ideas o situaciones distintas, pero que mantienen una cierta relación de semejanza entre sí (Aragón *et al.*, 1999). Las analogías cumplen un importante papel en el aprendizaje. También desde el constructivismo se considera que los significados se construyen de una forma activa, relacionando lo nuevo con las ideas que se poseen, por un proceso generalmente analógico (Duit, 1991). Basándonos en el proceso descrito, comentaremos el modelo de racionalidad técnica, para analizar con más detalle los modelos de cambio conceptual y de cambio gradual o evolutivo basado en la investigación.

### **2.1. Los modelos de racionalidad técnica**

Los modelos de racionalidad técnica establecen que el profesor es un técnico que adopta y aplica los modelos verificados por la investigación, de forma análoga a las posiciones positivistas que consideran que el conocimiento es acumulativo y que las nuevas teorías se prueban por verificación aplicando el método científico empirista. Desde esta perspectiva el cambio del profesor no sería problemático y se produciría adoptando los nuevos planteamientos didácticos a partir de su conocimiento; los cursos en los que un experto transmite información a los profesores sería coherente con ello. Estos modelos se han mostrado ineficaces para cambiar las concepciones y más aún las prácticas docentes del profesorado, y cuando los cambios se producen lo son más por la discusión y colaboración entre los participantes en cursos de formación que por la transmisión de nuevos modelos por parte de expertos (Garret *et al.*, 1990).

### **2.2. Los modelos de cambio conceptual**

Los modelos iniciales de cambio conceptual basados en un constructivismo “ingenuo”, tenían un cierto paralelismo con el falsacionismo de Popper (1983), que consideraba que una teoría científica se rechaza por falsación cuando se encuentra un experimento crucial que la contradice. Estos modelos intentaban provocar el cambio de los profesores a partir de la insatisfacción y contradicción entre sus teorías y conductas docentes y los aportados por la investigación educativa. Esta estrategia “*perversa*”, como la denomina Gil (1993), por pretender explicitar las ideas y estrategias didácticas iniciales, para a continuación rechazarlas, seguía basándose en un modelo jerarquizado en el que el experto dirige la formación del profesor, al que se sigue considerando un “consumidor” de los resultados de la investigación.

Las limitaciones del modelo de cambio conceptual por contradicción, tanto epistemológicas como en los resultados conseguidos, fomentaron propuestas de formación que consideraban que no es suficiente la insatisfacción con los planteamientos iniciales, sino que es necesario encontrar las ventajas de lo nuevo. En estos programas puede encontrarse una analogía con el cambio de teorías científicas propuesto por Lakatos (1983), para el que todo programa de investigación científica tiene núcleos centrales resistentes al cambio, y a lo más que se llegaría por la falsación sería a rechazar hipótesis auxiliares que podrían fácilmente sustituirse sin alterar lo esencial. El progreso científico para Lakatos más bien se produciría por competencia entre programas, de tal forma que habría que considerar de forma simultáneamente las desventajas de lo viejo y las ventajas de lo nuevo. En algunos programas de formación de profesores se toman como referencia las cuatro

condiciones de Posner *et al.* (1982) para el aprendizaje: conocer y valorar las ideas iniciales de los profesores y, si son insatisfactorias, presentar nuevas ideas que sean inteligibles, plausibles y útiles (Gunstone *et al.*, 1993), rebajando simultáneamente el *status* de las ideas iniciales (Hewson, 1993). La insatisfacción sería, por tanto, una condición necesaria, pero no suficiente para el cambio didáctico, ya que el profesor sólo cambiará su teoría personal cuando la perciba irrelevante para su propia práctica y disponga de nuevas estrategias que les resulten útiles para la enseñanza real y diaria de sus materias específicas y para el aprendizaje de sus estudiantes (Bell y Gilbert, 1994; Gunstone *et al.*, 1993).

De forma análoga, a los núcleos centrales resistentes al cambio de Lakatos, los profesores no cambian fácilmente sus concepciones, y menos aún sus prácticas docentes. Unas veces porque se muestran satisfechos con unos planteamientos didácticos consolidados por la experiencia profesional, otras porque en el sistema educativo y en el propio profesorado existen condicionantes que refuerzan los modelos tradicionales y suponen obstáculos para el cambio didáctico (Mellado, 1999), y, en definitiva, porque el cambio didáctico es un proceso complejo en el que intervienen numerosos factores que lo obstaculizan y dificultan. En la Figura 1 hemos destacado algunos obstáculos comunes a la profesión docente (Marcelo, 1994), junto a otros específicos de los profesores de ciencias.

- Los obstáculos comunes a la profesión docente:
  - Los condicionantes del sistema educativo
  - La estructura organizativa de los centros
  - La burocratización del trabajo docente
  - La falta de motivación e incentivos profesionales
  - La escasa consideración social
  - El poco tiempo disponible para la formación
  - El estrés, malestar o agotamiento personal
  - Los riesgos psicológicos personales que generan los cambios
  - La soledad y el aislamiento profesional
  - La presión de los padres, profesorado o alumnado
- Las orientaciones epistemológicas del profesorado
- Los antecedentes formativos del profesorado
  - Los bajos conocimientos científicos, didácticos o prácticos
  - La falta de integración de los distintos saberes
- Algunas concepciones y actitudes del profesorado de Ciencias
- Los mitos culturales del profesorado de Ciencias de Educación Secundaria:
  - Transmisión de conocimientos, eficacia, rigor y preparación para los exámenes
- La sobrevaloración de la propia experiencia práctica
- La escasez de materiales curriculares adaptados a las nuevas estrategias
- Los roles que pueden adoptar los formadores o los propios profesores

FIGURA 1. *Obstáculos al cambio didáctico del profesorado de Ciencias Experimentales*

Las concepciones pedagógicas personales, adquiridas de forma natural y no reflexiva de las propias experiencias escolares, suponen un obstáculo para la formación y el cambio didáctico del profesorado:

"Los profesores tienen ideas, actitudes y comportamientos sobre la enseñanza, debidos a una larga formación 'ambiental' durante el periodo en que fueron alumnos. La influencia de esta formación incidental es enorme porque responde a experiencias reiteradas y se adquiere de forma no reflexiva como algo natural, obvio, 'de sentido común', escapando así a la crítica y convirtiéndose en un verdadero obstáculo" (Gil, 1991, p. 73).

La forma habitual de adquirir el conocimiento profesional en secundaria, como yuxtaposición de conocimientos, supone un obstáculo epistemológico al cambio didáctico al tender a la fragmentación y disociación entre la teoría y la acción, a la simplificación y al reduccionismo, a la conservación-adaptativa, y a la uniformidad con rechazo a la diversidad (Porlán *et al.*, 1997). Una barrera para el cambio didáctico sigue siendo la formación inicial del profesorado de secundaria en España, centrada aún exclusivamente en los contenidos disciplinares, con el breve curso de postgrado al que los licenciados ya entran desmotivados, considerando a la enseñanza una salida de segundo orden, por proceder de licenciaturas no enfocadas hacia la enseñanza. Pensamos que sería mucho más adecuado que el profesor de ciencias de secundaria tuviese una formación inicial específica, con los contenidos disciplinares, los de didáctica de las ciencias, los psicopedagógicos y las prácticas de enseñanza integrados en una licenciatura específicamente diseñada para ello (Mellado, 2000a).

La escasez de materiales curriculares adaptados a las nuevas estrategias, la sobrevaloración de la práctica, los roles adoptados por los formadores de profesores o por los propios profesores, o lo que Tobin y McRobbie (1996) denominan "mitos culturales" suponen también un obstáculo para el cambio didáctico.

Los modelos de cambio conceptual del profesorado también encuentran analogía con el concepto de cambio de paradigma (conjunto de creencias, valores y técnicas compartidos por una comunidad científica) de Kuhn (1971), que se produciría en momentos de crisis, más por reconstrucción del campo, que por acumulación o ampliación del antiguo paradigma. La filosofía de Kuhn se ha tomado más como referencia analógica para los modelos de cambio conceptual, sin embargo creemos que su referencia a los factores holísticos, psicológicos y sociales son aspectos fundamentales en los modelos de cambio gradual que trataremos en el siguiente apartado (Bell, 1998; Valcárcel y Sánchez, 2000).

Aunque los modelos de cambio conceptual han supuesto un considerable avance respecto a los de racionalidad técnica tienen una eficacia limitada, ya que la complejidad del aula lleva a los profesores a incorporar novedades puntuales sin alterar sustancialmente sus modelos didácticos (Valcárcel y Sánchez (2000)). El cambio en los profesores raramente implica el completo abandono de los modelos tradicionales en favor de los nuevos, sino que más bien son adquisiciones y retenciones parciales. Además, aunque el profesor haya reflexionado sobre sus concepciones y estrategias didácticas, no está garantizada su transferencia al aula como conducta docente si le faltan conocimientos procedimentales y esquemas prácticos de acción en el aula. Cachapuz *et al* (2000) realizan un análisis de los modelos de aprendizaje por cambio conceptual, algunas de cuyas críticas nos parecen válidas aplicadas a los profesores, como la sobrevaloración de los conceptos, en detrimento de valores y actitudes, o la constatación de que los cambios apuntan más bien a procesos graduales, discontinuos, parciales y evolutivos.

### 2.3. Modelos de cambio gradual o evolutivo basado en la investigación de situaciones problemáticas de enseñanza y aprendizaje

Creemos que los procesos de cambio de los profesores pueden explicarse mejor tomando como referencia las teorías de Laudan y de Toulmin, o las últimas versiones del propio Kuhn mucho más próximas al evolucionismo que al cambio revolucionario, aunque destacando los factores contextuales y los aspectos psicológicos y sociales.

En este sentido Bell y Gilbert (1994) señalan que en los procesos de cambio del profesorado hay que considerar tres aspectos: el profesional, el personal y el social (Figura 2):

— *Desarrollo profesional*, que afecta tanto a los conocimientos y concepciones como a la práctica del aula, destacándose, para la consolidación de los cambios, el éxito de las nuevas estrategias en el aprendizaje de los estudiantes (Bell, 1998). En caso contrario los obstáculos y limitaciones pueden hacer volver a las prácticas tradicionales (Marx *et al.*, 1998).

— *Desarrollo personal*, que afecta a los sentimientos del profesor e implica: aceptar como problemáticos algunos aspectos de la propia enseñanza y tomar conciencia de la dificultad de cambiar las concepciones y prácticas de aula; tratar los riesgos personales que supone realizar cambios, como el miedo a perder control, a conocer y planificar nuevos contenidos, a la relación con los estudiantes, a nuevos e inciertos procedimientos de evaluación, etc.; y, aumentar los sentimientos de confianza en sí mismos como profesores de ciencias.

- Desarrollo profesional que incluya:
  - El conocimiento proposicional
  - Las concepciones y actitudes
  - El conocimiento práctico en el aula
- Desarrollo personal que afecta a sentimientos, motivación, disponibilidad y compromisos del profesor
  - Identificar problemas y frustraciones
  - Tomar conciencia de las dificultades y obstáculos para cambiar
  - Tratar los riesgos personales que supone realizar cambios
  - Aumentar los sentimientos de autoestima y de confianza en sí mismos
- Desarrollo social que implica:
  - Ver el aislamiento como problemático
  - Valorar la realización de trabajos e investigaciones colaborativas
  - Cambiar el contexto de cada centro

FIGURA 2. *Desarrollo profesional, personal y social (Bell y Gilbert, 1994)*

— *Desarrollo social* que implica ver el aislamiento como problemático y valorar el trabajo en colaboración, ya que los cambios tendrán más probabilidades de consolidarse si se supera el ámbito individual (Sánchez y Valcárcel, 2000). Los programas de formación tienen que considerar al profesor como integrante de un grupo, y aportar experiencias de desarrollo colectivo, fomentar la colaboración con el resto de los profesores y, en suma, considerar al Centro Educativo como el lugar más adecuado para el desarrollo profesional y como la unidad del cambio (Valcárcel y Sánchez, 2000). Para un profesor es muy difícil

ir en solitario a contracorriente y necesita trabajar con otros compañeros para, de forma conjunta, reconstruir y redefinir sus roles y estrategias. También los alumnos tienen asumidos modelos de "buen profesor", por lo que los refuerzos que reciba éste de sus experiencias de innovación, tanto de los alumnos como de sus compañeros pueden ayudar a su proceso de cambio (Bell, 1998).

La filosofía de Laudan (1986) defiende un modelo pragmático para el que la ciencia es una actividad cuyo fin es el de dar respuestas a una serie de problemas planteados. Establece el concepto de tradiciones de investigación (que incluye supuestos, metodologías, problemas y teorías) como semejante a los programas de investigación de Lakatos o a los paradigmas de Kuhn, aunque el cambio científico se produciría de una forma continua y la unidad de cambio sería la resolución de problemas y no las tradiciones de investigación. El cambio de tradición de investigación se produciría cuando exista, además, un cambio ontológico y metodológico.

De forma análoga, Gil (1993) señala que los cambios tienen que afectar tanto a aspectos conceptuales, como metodológicos y actitudinales, y propone estrategias basadas en la investigación de situaciones problemáticas abiertas de enseñanza y aprendizaje de interés para el profesorado. En estos programas no sólo se pretende cambiar el modelo de enseñanza, sino capacitar al profesor como investigador de su acción docente de una forma crítica y autónoma (Valcárcel y Sánchez, 2000). Cachapuz (1995) añade que para que la investigación repercuta en la práctica del aula habrá que pasar de una investigación para y sobre los profesores, pero realizada por expertos ajenos a las propias aulas, a una investigación por y con los profesores realizada en equipos interdisciplinares e internivelares en los que el profesor se considere un co-productor de conocimiento y un agente de cambio, y haya una elevada articulación entre investigación, formación e innovación. Este es un problema central y, aunque se detecta un mayor número de profesores investigadores de su propia acción profesional, es necesario acrecentar la relación entre investigación y práctica educativa (Pro, 1999).

La filosofía de la ciencia de Toulmin (1977) propone el concepto de ecología intelectual, considera que las teorías científicas evolucionan por presión selectiva de las poblaciones conceptuales, y establece una analogía entre la evolución biológica y la construcción del conocimiento científico. Las ideas científicas constituyen poblaciones conceptuales en desarrollo histórico y las teorías científicas cambiarían por evolución selectiva de las poblaciones conceptuales. Partiendo de los problemas no resueltos se producirían unas exigencias intelectuales o unas prácticas específicas, una presión selectiva sobre las poblaciones conceptuales y, finalmente, a un desarrollo por innovación y selección (Porlán, 1990).

El planteamiento de Toulmin ha sido un referente tanto para el aprendizaje de los alumnos como para la formación del profesorado. Porlán y Rivero (1998) proponen un marco evolutivo para la formación del profesorado (Figura 3), organizado en torno a problemas relevantes de la práctica de la enseñanza de las ciencias, partiendo de los

modelos didácticos tradicionales, pasando por niveles intermedios en que dominan las tendencias espontaneistas y tecnológicas, y teniendo como nivel de referencia los modelos alternativos más innovadores.

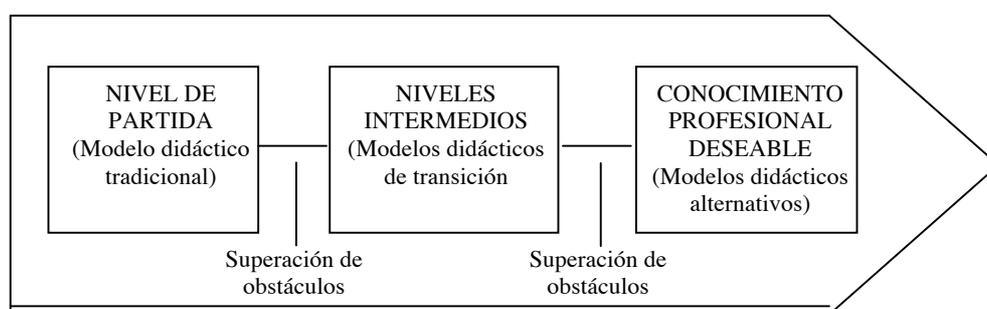


FIGURA 3. *Proceso de reorganización continua del conocimiento profesional*  
(Porlán y Riuvero, 1998, p. 95)

La evolución gradual entre los distintos modelos puede encontrar también fundamento en la zona de desarrollo próximo de Vygotsky (1979), concepto desarrollado para el aprendizaje del alumnado pero con un potencial genérico de aplicación. La formación del profesorado tendría que incidir en aquellos aspectos intermedios con posibilidades de alcanzarlos, para que el profesor tenga expectativas de desarrollo, teniendo como objetivo a largo plazo llegar a modelos más avanzados (Burbules y Linn, 1991). De este modo el proceso de cambio se vería como un desafío estimulante y no como un problema irresoluble y desmotivante (Bell, 1998).

Valcárcel y Sánchez (2000) proponen niveles progresivos para la formación del profesorado de ciencias: un primer nivel en el que se incida en la motivación, dinamización, cuestionamiento y modelización a través de los estudios de casos; un segundo nivel con una mayor implicación en el desarrollo curricular y en la investigación educativa; y un tercer nivel de consolidación, con participación en proyectos colaborativos de investigación e innovación. En esta perspectiva se consideran muy útiles los estudios de casos, aunque no como recetas sobre la enseñanza eficaz como podía esperarse en el paradigma proceso-producto, sino para aportar nuevas ideas sobre estrategias de enseñanza, así como elementos que ayuden al profesor a reflexionar sobre sus propios conocimientos y creencias y sobre su propia práctica.

Un factor importante es la interdependencia entre metacognición y cambio didáctico del profesorado (Pozo, 1999), por lo que es fundamental el desarrollo de habilidades metacognitivas, que favorezcan la reflexión en y sobre la acción y la toma de conciencia de las causas de las dificultades de la conducta docente y de los obstáculos para el cambio didáctico, para que posibiliten la autorregulación de los cambios (Gunstone y Northfield, 1994).

Finalmente, señalamos que el desarrollo profesional del profesor hay que entenderlo como un proceso a largo plazo que requiere mucho tiempo, muchos apoyos y esfuerzos sostenidos para que el profesor pueda percibir la formación como una experiencia educativa válida para sus clases (Sánchez y Valcárcel, 2000). En este proceso a largo plazo,

Gil *et al.* (1998) consideran fundamental que el profesor participe en la construcción de los nuevos conocimientos didácticos para lo que: "*son necesarias acciones que incorporen al profesorado en tareas prolongadas de investigación e innovación*" (p. 56). Trabajando en equipos internivelares los expertos externos pueden tener un importante papel, no como meros transmisores de información, sino como dinamizadores del proceso que aportan información de contraste de otras investigaciones. Aunque como los profesores universitarios que más se dedican a la investigación, también están sometidos a un proceso de cambio de roles y de desarrollo profesional dentro de su propio campo, que es necesario analizar y tener en cuenta (Hardy y Kirkwood, 1994).

Como resumen, en la Figura 4 hemos incluido algunos de los factores señalados que estimulan y favorecen el cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales.

- El desarrollo de la metacognición:
  - Comprender que el cambio es un proceso difícil y complejo que requiere tiempo, dedicación y apoyo
  - Controlar el propio cambio y desarrollo
- La reflexión e investigación-acción de problemas relevantes de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias
- El desarrollo de materiales y estrategias didácticas de acción en el aula
- La integración de la investigación, formación e innovación
- La investigación "con" y "por" los profesores en lugar de "sobre" y "para" los profesores
- El análisis de los obstáculos al cambio
- La progresión gradual de los modelos didácticos
- El desarrollo profesional unido al personal y social
- El cambio conceptual, unido al metodológico y actitudinal
- El éxito de las nuevas estrategias en el aprendizaje de los estudiantes

FIGURA 4. *Aspectos que favorecen el cambio didáctico del profesorado*

Los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias proporcionan múltiples estrategias de intervención para trabajar con el profesorado, tales como los estudios de casos de profesores en distintas etapas profesionales, las rutinas de clase, las metáforas, etc. En el siguiente apartado trataremos las metáforas como un ejemplo de estrategia de intervención con el profesorado de ciencias experimentales.

### **3. LAS METÁFORAS Y EL CAMBIO DIDÁCTICO DEL PROFESORADO DE CIENCIAS EXPERIMENTALES**

Cada profesor elabora un pensamiento práctico profesional idiosincrásico, a partir de su experiencia, y de la interacción social con el entorno que le rodea. A este pensamiento es difícil acceder y dotar de significados, ya que el profesor tiene unas percepciones sobre su actividad

profesional, que les resultan difíciles de articular y de expresar de una forma estructurada a través de reglas o principios. El lenguaje que utiliza el profesor para hablar de su actividad profesional cobra una gran importancia, pero no suele ser literal y estructurado, sino más bien implícito, analógico, simbólico y de carácter metafórico.

Las metáforas utilizadas en el lenguaje se han mostrado como un medio para articular el pensamiento del profesorado y establecer “puentes” entre el conocimiento práctico y la narrativa que describe la vida del aula. Para Tobin y Tippins (1996) las metáforas pueden considerarse como una fuente de reflexión y como “semillas” que “germinarán” en nuevas ideas y conocimientos. Las metáforas con las que los profesores

conceptualizan sus roles están relacionadas con referentes, que actúan como organizadores de las propias concepciones, y que influyen poderosamente en la conducta docente en el aula (Tobin y LaMaster, 1995). Otras características de las metáforas son que ayudan a dar una visión holística de la vida del aula, facilitan la metacognición, y relacionan los dominios cognitivos y afectivos (Duit, 1991).

En la Figura 5 presentamos algunas metáforas que describen distintos paradigmas, orientaciones de formación del profesorado, o situaciones de enseñanza/aprendizaje, que han sido analizadas en distintas investigaciones (Mellado, 2000b), ya que consideramos que el estudio de las mismas y la construcción de otras nuevas, puede ser una herramienta de intervención que ayude a los profesores a cambiar sus concepciones y prácticas pedagógicas. ¿Quién no ha oído alguna vez la frase: "esta clase es un infierno", para describir de una forma holística una situación problemática de deterioro de las relaciones entre el profesor y los alumnos, y que puede generar actitudes negativas mutuas para el resto del curso?. En este caso, para encontrar una solución, lo primero sería que el profesor fuese consciente de los significados y del trasfondo de la metáfora que emplea, de las causas que la motivan y de las consecuencias negativas que puede tener para el proceso de enseñanza y aprendizaje.

a) *Metáforas para los paradigmas del profesorado*

– *reflexivo, artesano, artista, práctico, investigador, etc.*

b) *Metáforas para la formación del profesorado*

– *nadador* (Busquet, 1974)

– *consumidor* (Briscoe, 1991)

– *naúgrafo* (Imbernón, 1999)

– *investigador novel* (Gil et al., 1998)

c) *Metáforas para el grupo clase*

– *esta clase es un infierno* (Tobin y Tippins, 1996)

– *son como esponjas*

d) *Metáforas para el aprendizaje de los alumnos*

– *como un papel en blanco* (BouJaoude, 2000)

e) *Metáforas para la explicación*

– *contador de historias* (Ogborn et al., 1998)

e) *Metáforas para la evaluación*

– *el juez justo* (Lorsbach et al., 1992)

– *ventana en la mente* (Lorsbach et al., 1992)

– *recompensa-castigo* (Gurney, 1995)

g) *Metáforas personales de los profesores*• *Tradicionales:*

- *trasmisor* (Powell, 1994; Tobin y Espinet, 1989)
- *predicador* (Ritchie, 1999; Tobin y Espinet, 1989)
- *capitán del barco* (Duit, 1991; Botin, 1990)
- *científico* (Mitchener y Anderson, 1989)
- *repartidor* (Gurney, 1995)
- *policía* (Tobin, et al., 1994)
- *vigilante* (Briscoe, 1991)
- *sargento instr.* (Bradford, et al, 1996)

• *Constructivistas:*

- *educador* (Mitchener y Anderson, 1989)
- *provocador* (Ritchie, 1999)
- *guía* (Ritchie, 1999)
- *catalizador* (BouJaoude, 2000)
- *motivador* (Osborne y Freyberg, 1991)
- *diagnosticador* (Orborne y Freyberg, 1991)
- *mediador* (Tobin, 1998)
- *animador* (Tobin, 1998)
- *facilitador* (Hand y Treagust, 1997)
- *iniciador* (Alvarez et al., 1999)
- *innovador* (Alvarez et al., 1999)

• *Eclesiásticas:*

- *madre, padre* (BouJaoude, 2000)
- *jardinero* (BouJaoude, 2000, Tobin et al., 1994)
- *ser humano* (Anderson y Volkman, 1998)
- *camaleón* (Tobin et al., 1994)
- *tutor* (Alvarez et al., 1999)
- *granjero* (Powell, 1994)
- *artista* (Tobin et al., 1994)
- *médico* (Tobin et al., 1994)

FIGURA 5. *Metáforas del profesorado de Ciencias Experimentales*

Destacamos las metáforas personales del profesorado de ciencias, aunque para extraer la riqueza y los matices de cada una de ellas sería necesario profundizar en el contexto concreto en que se utilizan y en los significados que cada profesor le asigna. Por ejemplo el "jardinero" puede significar que el profesor "prepara el terreno" para el aprendizaje, "abona", "riega" y motiva, etc, o por el contrario que "poda" y limita cualquier iniciativa que pueda tener el alumno.

El estudio de las metáforas tiene un importante componente para el cambio del profesorado de ciencias, ya que existen resultados que indican que para que los profesores realicen cambios en sus concepciones y prácticas docentes es necesario que construyan nuevos roles a través de la reflexión crítica, y que simultáneamente adopten o construyan nuevas metáforas compatibles con tales cambios (Tobin *et al.*, 1994).

A lo largo del artículo hemos intentado plasmar la complejidad del proceso de cambio y de desarrollo profesional del profesorado de ciencias experimentales. Muchas son las condiciones necesarias para realizar cambios, aunque ninguna por si sola suele ser suficiente. También hemos visto la cantidad de obstáculos que dificultan o impiden a los profesores cambiar sus concepciones y modelos didácticos. Sin embargo queremos terminar señalando que a pesar de las dificultades organizativas, profesionales, personales, sociales, y de todo tipo que se presenten, coincidimos con Marcelo (1996) en la importancia de la motivación y el compromiso de los profesores en el propio proceso de cambio e innovación, para mejorar su enseñanza y el aprendizaje de sus alumnos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELL, S.K. y PIZZINI, E.L. (1992). "The effect of a problem solving in-service program on the classroom behaviors and attitudes of middle school science teachers". *Journal of Research in Science Teaching*, 29(7), 649-667.
- ANNAN, K. (2000). "Educación para las niñas, educación para todos". *El País*, 8 de marzo, p. 46.
- ARAGÓN, M.M. et al. (1998). "Las analogías como estrategia didáctica en la enseñanza de la física y de la química". En Banet y Pro, *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias* (pp. 29-35). Murcia: Diego Marín.
- BELL, B. (1998). "Teacher development en science education". En B.J. Fraser y K. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 681-694). Dordrecht: Kluwer A. P.
- BELL, B. y GILBERT, J. (1994). "Teacher development as professional, personal and social development". *Teaching and Teacher Education*, 10(5), 483-497.
- BURBULES, N.C. y LINN, M.C. (1991). "Science education and philosophy of science: congruence or contradiction?". *International Journal of Science Education*, 13(3), 227-241.
- CACHAPUZ, A. (1995). "Da investigação sobre e para professores à investigação com e pelos professores de Ciências". En Blanco y Mellado (Eds), *La Formación del Profesorado de Ciencias y Matemáticas en España y Portugal* (pp. 243-254). Badajoz: Diputación Provincial.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. y JORGE, M.P. (2000). *Perspectivas de ensino das ciências*. Porto: CEEC.
- DUIT, R. (1991). "On the role of analogies and metaphors in learning science". *Science Education*, 75(6), 649-672.
- GARRET, R.M. et al (1990). "Turning exercises into problems: An experiments study with teachers in trainig". *International Journal of Science Education*, 12(1), 1-12.
- GIL, D. (1991). "¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias?". *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- GIL, D. (1993). "Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje". *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- GIL, D.; FURIÓ, C. y GAVIDIA, V. (1998). "El profesorado y la reforma educativa en España". *Investigación en la Escuela*, 36, 49-64.
- GUNSTONE, R.F. y NORTHFIELD, J.R. (1994). "Metacognition and learning to teach". *International Journal of Science Education*, 16(5), 523-537.
- GUNSTONE, R.F. et al. (1993). "A case study exploration of development in preservice science teachers". *Science Education*, 77(1), 47-73.
- HARDY, T. y KIRKWOOD, V. (1994). "Towards creating effective learning environments for science teachers: the role of science educators in the tertiary setting". *International Journal of Science Education*, 16(2), 231-251.
- HARGREAVES, A. et al. (1999). *International Handbook of Educational Change*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- HEWSON, P.W. (1993). "Constructivism and reflective practice in science teacher education". En Montero y Vez (Eds.), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (pp. 259-275). Santiago: Tórculo.
- KUHN, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: FCE.
- LAKATOS, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- LAUDAN, L. (1986). *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del progreso científico*. Madrid: Ediciones Encuentro.
- LEDERMAN, N.G. (1992). "Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research". *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- MARCELO, C. (1994). *Formación del profesorado para el cambio educativo*. Barcelona: PPU.
- MARCELO, C. (1996). "El desarrollo de la reflexión en los profesores principiantes". *Bordón*, 48(1), 5-26.
- MARX, R.W. et al. (1998). "Professional development of science education". En Fraser y Tobin (Ed.), *International Handbook of Science Education* (pp. 667-680). Dordrecht: Kluwer.
- MAYOR ZARAGOZA, F. y BINDÉ, J. (1999). "Siglo XXI: ¿un mundo mejor o un mundo feliz?". *El País*, 22 de Octubre, p. 15.
- MELLADO, V. (1998). "La investigación sobre el profesorado de ciencias experimentales". En Banet y Pro (Eds.), *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias (vol.I)* (pp. 272-283). Murcia: Diego Marín.
- MELLADO, V. (1999). "La investigación sobre la formación del profesorado de ciencias experimentales". En Martínez y García (Eds.), *La didáctica de las Ciencias. Tendencias actuales* (pp. 45-76). A Coruña: S. P. Universidad.

- MELLADO, V. (2000a). "¿Es adecuada la formación científica del profesorado de secundaria para sus necesidades profesionales actuales?". *Alambique*, 57-65.
- MELLADO, V. (2000b). *Proyecto Docente de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad de Extremadura, Badajoz. Inédito.
- MELLADO, V. y CARRACEDO, D. (1993). "Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.
- PAIXÃO, M.F. y CACHAPUZ, A. F. (1998). "Dimensión epistemológica de los programas de física y química e implicaciones en las prácticas de enseñanza: ¿Qué lectura hacen los profesores?". En Banet y Pro (Eds.), *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias* (pp. 284-293). Murcia: Diego Marín.
- POPPER, K.R. (1983) *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del pensamiento científico*. Buenos Aires: Paidós.
- PORLÁN, R. (1990). "Hacia una fundamentación epistemológica de la enseñanza". *Investigación en la Escuela*, 10, 3-32.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada.
- PORLÁN, R.; RIVERO, A. y MARTÍN, R. (1997). "Conocimiento profesional y epistemología de los profesores-I: Teoría, métodos e instrumentos". *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.
- POSNER, G.J. et al. (1982). "A commodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change". *Science Education*, 66(2), 211-277. [Versión española en Porlán et al., (1988) (Eds.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias* (pp. 91-114). Sevilla: Diada].
- POZO, J.I. (1999). "Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de las ciencias como cambio representacional". *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 413-520.
- PRO, A. (1999). "¿Qué investigamos? ¿cómo lo hacemos? ¿A qué conclusiones llegamos?: tres preguntas que hacen pensar". En Martínez y García (Eds.), *La didáctica de las Ciencias. Tendencias actuales* (pp. 19-43). A Coruña: S.P. Universidad.
- 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), 423-437.
- TOBIN, K. y LAMASTER, S.U. (1995). "Relationships between metaphors, beliefs, and actions in a context of science curriculum". *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 225-242.
- TOBIN, K. y MCROBBIE, C.J. (1996). "Cultural myths and constraints to the enacted science curriculum". *Science Education*, 80(2), 223-241.
- TOBIN, K. y TIPPINS, D.J. (1996). "Metaphors as seeds for conceptual change and the improvement of science teaching". *Science Education*, 80(6), 711-730.
- TOBIN, K.; TIPPINS, D.J y GALLARD, A.J. (1994). "Research on instructional strategies for teaching science". En Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 3-44). New York: McMillan.
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana: I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Universidad.
- VALCÁRCEL, M.V. y SÁNCHEZ, G. (2000). "La formación del profesorado en ejercicio". En Perales y Cañal (Ed.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 557-581). Alcoy: Marfil.
- VIYGOTSKY, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Grijalbo.