

Un modelo didáctico para la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias

Pilar García Rovira
Fanny Angulo Delgado

Correspondencia:

Pilar García Rovira

Departament de Didáctica de la
Matemàtica
i les Ciències Experimentals
Universitat Autònoma de Barcelona
Campus de Bellaterra, Edifici G,
Despatx 122
08193 Bellaterra (Barcelona)

Tel. 93 580 26 42

Fax: 93 580 11 69

E-mail: pilar.garcia@uab.es

Recibido: 16-01-2003

Aceptado: 28-02-2003

RESUMEN

En este artículo se discuten los componentes —epistemológico, psicológico y socio-pedagógico— de un modelo de formación inicial del profesorado de ciencias para la secundaria, que se ha venido desarrollando en el CAP de la Universitat Autònoma de Barcelona. A modo de ejemplo, se presenta una secuencia de aprendizaje que permite hacerse una idea de cómo se concreta este modelo en el aula de «Didáctica de las Ciencias Naturales».

PALABRAS CLAVE: Formación inicial del profesorado, Educación secundaria, Enseñanza de las Ciencias.

A didactic model for the Pre-service Teacher Training of Science Teachers

ABSTRACT

This article discusses the epistemological, psychological and socio – pedagogical components of a preservice secondary science teacher training model. The model is being developed at CAP of Universitat Autònoma de Barcelona. As an example, a learning sequence is presented for understanding how this model is applied at «Science Teaching» course.

KEYWORDS: Preservice science teacher training, Secondary school, Science teaching.

Introducción

Uno de los retos más difíciles en la formación inicial del profesorado de ciencias para la secundaria, es ofrecer una preparación profesional que permita a los futuros profesores¹ trabajar en el aula con un enfoque constructivista. Se trata de un reto por dos razones. La primera es que el conocimiento que los futuros profesores tienen sobre la enseñanza de las ciencias, no suele coincidir con los modelos constructivistas. Su pensamiento es más bien intuitivo, no reflexivo, y por ello tienden a imitar a los que han sido sus «buenos profesores» durante su etapa de alumnos o parecerse a los que hubieran deseado tener [SANMARTÍ, 2001].

La segunda razón es que el actual sistema educativo, de orientación constructivista, se estructura como un currículo abierto. Esto significa que deja en manos de los profesores decisiones importantes sobre qué enseñar, cómo y cuándo hacerlo. En consecuencia, el futuro profesor se enfrenta al problema de enseñar ciencias desde una perspectiva que no es la suya (la de sus puntos de vista), ni es la que conoce por su experiencia como alumno².

Enfrentar este reto, hizo que desde 1994, un pequeño grupo de profesoras del *Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals* de la *Universitat Autònoma de Barcelona*, se planteara poner en marcha una propuesta de formación inicial que se concreta en el curso de «Didáctica de las Ciencias Naturales» impartido el Curso de Aptitud Pedagógica (CAP). Esta propuesta tiene como finalidad la formación de profesores de ciencias críticos, capaces de reflexionar sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje y de tomar decisiones fundamentadas en un modelo didáctico determinado. Estas ideas se han concretado en un esfuerzo que va desde la programación del curso hasta el diseño, aplicación y evaluación de las actividades de enseñanza-aprendizaje dirigidas a los futuros profesores.

Esta propuesta de formación inicial comparte algunos de los enfoques teóricos y/o metodológicos propuestos por distintos autores [PURLÁN *et al.*, 1988; MARTÍN DEL POZO y RIVERO, 2001; FURIÓ y GIL, 1989; HEWSON *et al.*, 1999; GUNSTONE *et al.*, 1993; GUNSTONE, 2000], así como el objetivo de promover el cambio en los puntos de vista y en las actuaciones de los futuros profesores. Lo que la hace diferente son algunos de los referentes teóricos y las estrategias para alcanzar este objetivo. En dicha propuesta se intenta promover este cambio a través de un proceso de *modelización* [IZQUIERDO *et al.*, 1999], en el que la interacción social y la reflexión metacognitiva resultan esenciales para que el futuro

profesor comprenda cómo es, y cómo se construye, el conocimiento científico en la escuela.

Consideramos que hay una estrecha relación entre la construcción del conocimiento científico en la escuela y el reto de formar profesores que entiendan dicho significado. En otras palabras, si pretendemos que los futuros profesores enseñen a sus alumnos a construir modelos teóricos sobre el mundo —por ejemplo que sean capaces de explicar por qué el pan húmedo se enmohece, utilizando el modelo de «ser vivo», o de explicar las semejanzas entre familiares en base a la teoría cromosómica de la herencia—, entendemos que también necesitan aprender a interpretar la realidad de las clases de ciencias, a partir de un modelo didáctico fundamentado teóricamente.

Pero, llegar a entender que hay diferentes enfoques teóricos sobre la enseñanza de las ciencias, no es sencillo para los futuros profesores. Aprender a enseñar con el nuevo modelo didáctico, es decir apropiarse significativamente del mismo, implica por parte de los estudiantes:

- establecer una correspondencia entre lo que se dice (se piensa) sobre la enseñanza de las ciencias y la práctica en el aula.
- poner en cuestión aquellas concepciones sobre la ciencia, su enseñanza, aprendizaje y evaluación, que habían sustentado hasta este momento —aunque fuera de modo implícito— sus ideas sobre la enseñanza de las ciencias.
- apropiarse de una nueva manera de pensar, entender, hablar y actuar sobre la enseñanza de las ciencias.

A modo de hipótesis asumimos que dicha construcción requiere una reflexión metacognitiva que permita al futuro profesor diferenciar los distintos modelos de enseñanza, identificar el suyo, cuestionarlo y aprender los aspectos relevantes del que se le propone durante su formación inicial. Si no se produce esta reflexión tenderá a apropiarse de los aspectos más superficiales de la nueva metodología sin atender a las cuestiones de fondo, esto es, adoptará el vocabulario sin cambiar su significado.

Es por esta razón que una de las principales metas del curso de «Didáctica de las Ciencias Naturales» es que los futuros profesores aprendan a enseñar ejerciendo un control sobre sus propios aprendizajes, de manera que alcancen progresivamente un nivel de autonomía que les permita tomar decisiones conscientes e informadas.

¿En qué se fundamenta este modelo de formación inicial?

Zimmermann (2000) y otros autores, sugieren que en todo modelo didáctico se pueden distinguir unos componentes psicológicos, socio-pedagógicos y epistemológicos, algún principio didáctico y ciertos elementos que lo caracterizan. En nuestro caso estos componentes se concretan en:

a) Un nuevo enfoque epistemológico, b) Un enfoque cognitivo de la psicología del aprendizaje y c) Una enseñanza basada en la modelización (ver *Figura 1*).

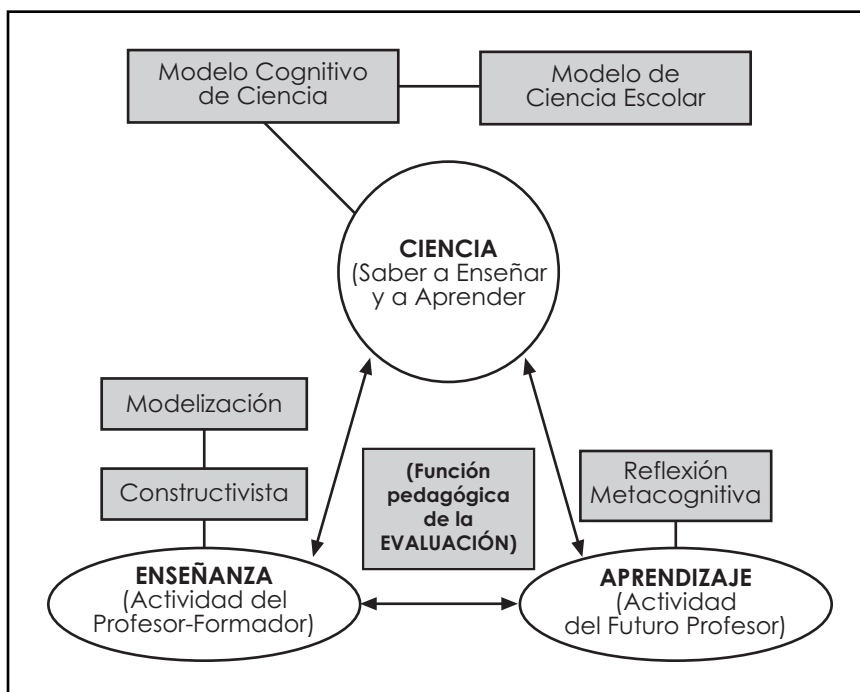


Figura 1.- Componentes del modelo de formación inicial

a) Un **nuevo enfoque epistemológico** basado en el modelo cognitivo de ciencia de Giere (1989; 1999) y en el modelo de ciencia escolar [SANMARTI e IZQUIERDO, 1997; IZQUIERDO *et al.*, 1999]. En estos modelos se tienen en cuenta tanto los aspectos sociales de la ciencia como la relación entre experimentos, lenguajes y teorías científicas. Desde la perspectiva de ciencia escolar antes mencionada se destaca la importancia de implicar a los alumnos en sus propios aprendizajes presentándoles objetivos, fenómenos y conceptos que se adecuen a sus intereses y conocimientos previos. En este sentido, los conocimientos que

van a circular en el entorno escolar no van a ser los mismos de la comunidad científica, pero tampoco pueden ser los que el alumno usa en el mundo cotidiano, sino que son fruto de una *transposición didáctica* entendida como el proceso a través del cual el profesor re-elabora el conocimiento de los científicos, de manera que lo pueda proponer a los alumnos sin «simplificarlo», es decir, sin que deje de ser riguroso y teórico. En la *Figura 2* se compara el modelo cognitivo de ciencia y el modelo de ciencia escolar.

| DIMENSIONES | MODELO COGNITIVO DE CIENCIA (Giere) | MODELO DE CIENCIA ESCOLAR (Izquierdo <i>et al.</i>) |
|--|--|---|
| OBJETIVO ¿Por qué queremos conocer el mundo? | Interpretar teóricamente los fenómenos del mundo para poder actuar sobre ellos. Los fenómenos se relacionan entre sí mediante modelos teóricos | Que el alumno sea capaz de interpretar los fenómenos y hechos del mundo, a través de modelos teóricos y pueda actuar sobre ellos. Este objetivo es lo que da sentido a la ciencia en la escuela |
| REALISMO ¿Nos dice algo la ciencia sobre el mundo? | La ciencia nos dice algo aproximadamente cierto sobre el mundo. (Realismo pragmático) | El «mejor» modelo teórico para el alumno será el que más le ayude a explicar la realidad de la manera que lo hacen los científicos |
| MÉTODO ¿Cómo conectan los experimentos con las teorías? | No hay un método científico único que los relacione, pero tampoco se admite como válida cualquier manera de pensar y actuar | Varía en función de la pregunta y del marco teórico. Se introducen procedimientos generales para «pensar y actuar» que permitan al alumno llegar a dominar las teorías científicas escolares |

| DIMENSIONES | MODELO COGNITIVO DE CIENCIA (Giere) | MODELO DE CIENCIA ESCOLAR (Izquierdo <i>et al.</i>) |
|---|--|---|
| RACIONALIDAD ¿Cómo cambian las ciencias? | Racionalidad moderada que explica cómo impulsan los científicos el proceso de creación científica. Destaca el aspecto humano, tentativo y constructivo de la ciencia | Los conocimientos científicos en la escuela son válidos, en tanto les sirvan a los alumnos para interpretar el mundo desde modelos teóricos. Validez basada en la <i>significatividad</i> |

Figura 2.- Comparación entre el Modelo Cognitivo de Ciencia el Modelo de Ciencia Escolar

Cuando el futuro profesor está aprendiendo a enseñar ciencias con el nuevo modelo, esperamos que entienda que la *ciencia escolar* —la que se enseña en la escuela—, es un reflejo de su propia imagen de ciencia y condiciona la que se formará el alumno. En otras palabras, que a través de las actividades de enseñanza que haga el profesor, es posible inferir cuál es su *ciencia escolar*, porque da cuenta de su modelo sobre la naturaleza de la ciencia, de su enseñanza y su aprendizaje [ZIMMERMANN, 2000].

- b)** Un ***enfoque cognitivo de la psicología del aprendizaje***, en el cual es esencial el papel de la interacción social y de la reflexión de carácter metacognitivo. Este componente nos ayuda a entender dos cosas: la primera, es cómo el futuro profesor consigue dominar los *conocimientos científicos* y ser capaz de transformarlos para poder enseñarlos. La segunda, muy relacionada con la anterior, es entender cómo el estudiante es capaz de almacenar, procesar y utilizar los *conocimientos didácticos* que se le presentan, en el nuevo modelo de enseñanza de las ciencias que está aprendiendo. Todas estas operaciones forman parte de la *actividad cognitiva*, que es el objeto de estudio de la psicología cognitiva. A su vez, la actividad cognitiva es la unidad de análisis de la Teoría de la Actividad (cuyas raíces se encuentran en los trabajos de Vygotski) desde la cual entendemos e interpretamos —en nuestra propuesta— lo que significa aprender a enseñar ciencias. El desarrollo de la capacidad de ***reflexión metacognitiva*** por parte del futuro profesor [GUNSTONE *et al.*, 1993; SANMARTÍ, 1995; JORBA y

SANMARTÍ, 1996; ANGULO y GARCÍA, 1999, 2000, 2001; GUNSTONE, 2000] le permite reconocer qué sabe, cómo lo ha aprendido o qué debería aprender para enseñar ciencias de otra manera y le aporta la autonomía necesaria para tomar decisiones en torno a qué enseñar de la ciencia y cómo hacerlo. Por otra parte, le ayuda a entender qué tienen que aprender sus alumnos, si su objetivo es que puedan utilizar los conocimientos científicos para interpretar situaciones del mundo real y de su vida cotidiana.

- c) Promover estos cambios requiere una *práctica de enseñanza innovadora*, que constituye el componente **socio-pedagógico** del modelo. En nuestro caso, este componente se basa en la enseñanza por *modelización*, desde la cual entendemos que los estudiantes tienen sus propias concepciones sobre lo que es la ciencia, su enseñanza, aprendizaje y evaluación. La profesora-formadora tiene a su vez otros puntos de vista, que se corresponden con los del modelo didáctico que maneja, y que quiere que sus estudiantes aprendan. Para alcanzar esta meta comienza por explorar sus ideas y, a partir de esta información, planifica su intervención. Propone a los estudiantes las nuevas visiones y, algunos de ellos, empiezan a representarse los nuevos significados y a utilizarlos para interpretar la realidad del aula de ciencias. La profesora formadora se apoya en la interacción social entre estos estudiantes y sus compañeros, organizados en pequeños grupos de trabajo colaborativo, para que al hablar usando estos nuevos significados, se ayuden mutuamente a estructurar los nuevos conocimientos, y lleguen a hacerlos suyos. Por esto decimos que la interacción social es un elemento de nuestro modelo ya que consideramos que cuando el futuro profesor trabaja en grupo colaborativo con sus compañeros [LINN y BURBULES, 1993], con su profesora-formadora, o con su tutor/a en el prácticum, aprende que hay otras explicaciones distintas a las suyas. En el transcurso de dicha interacción, o como consecuencia de ella, se va modificando y enriqueciendo la representación que se hace del nuevo modelo didáctico. Siguiendo a Vygotski, pensamos que *el lenguaje actúa como el instrumento mediador del conocimiento* en la construcción de los nuevos significados. La conversación que tiene lugar durante las actividades de evaluación mutua y coevaluación aporta elementos para que el futuro profesor entre en un proceso de autoevaluación de los propios puntos de vista sobre qué significa enseñar ciencias.

Para ejemplificar cómo se concreta en el aula la metodología a la que nos referimos mostraremos la planificación de una secuencia de

aprendizaje desarrollada para trabajar uno de los temas que actualmente se puede considerar clásico en un curso de didáctica de las ciencias:

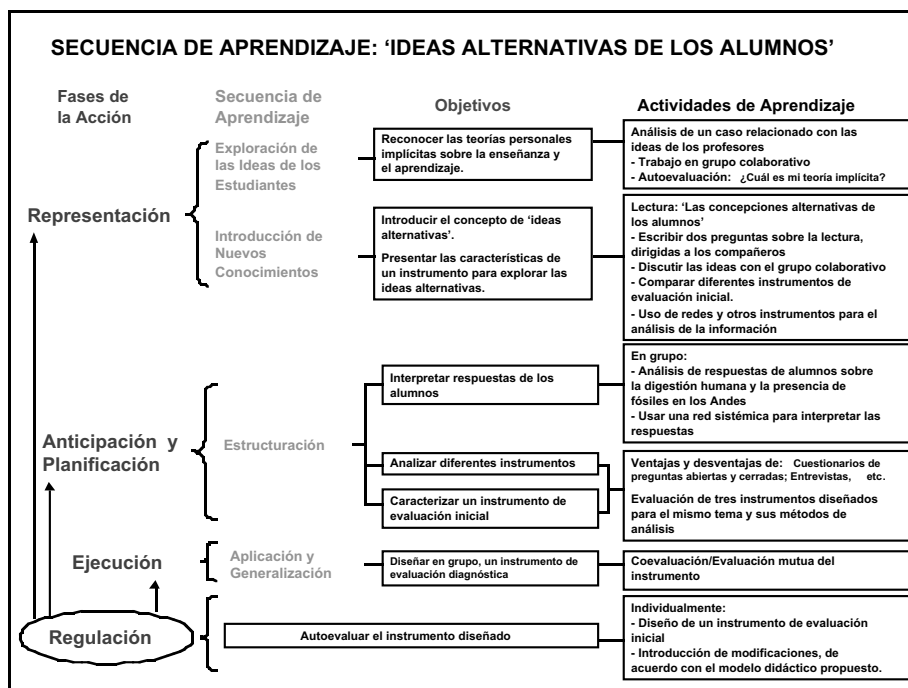


Figura 3.- Una de las Secuencias de Aprendizaje del curso de «Didáctica de las Ciencias Naturales»

El ejemplo se refiere a la unidad temática sobre las ideas alternativas de los alumnos. En la figura se muestra por una parte, los objetivos de aprendizaje y las actividades realizadas en el aula para que los futuros profesores aprendan sobre el interés didáctico de estas ideas y, por otra, las relaciones que, a nuestro modo de ver, se establecen entre estas actividades y las fases de la Teoría de la Actividad. También se muestra que dichas actividades han sido diseñadas de acuerdo con una secuencia didáctica que se inicia con la exploración de las ideas de los estudiantes seguida de la introducción de los contenidos que, desde la didáctica, explican qué son, cómo funcionan, cómo pueden detectarse y cómo analizar las ideas alternativas del alumnado. Las siguientes actividades tienen como finalidad que los estudiantes puedan diferenciar lo que se entiende por ideas alternativas —las que forman parte del pensamiento del alumnado— de los conocimientos que supuestamente los alumnos han adquirido a lo largo de su aprendizaje. A través de estas actividades también se intenta

ayudarles a reconocer que hay instrumentos que sirven para explorar estas ideas mientras que otros no son adecuados para ello. Cuando los estudiantes realizan esta actividad están elaborando los criterios que les permiten reconocer la importancia de diagnosticar estas ideas y caracterizar un instrumento adecuado para explorarlas. Por eso decimos que están estructurando los nuevos conocimientos, una condición indispensable para su construcción. En esta fase las actividades de coevaluación y evaluación mutua, informan a la profesora-formadora sobre el proceso de aprendizaje y favorecen la regulación de los estudiantes.

Finalmente, en la fase de aplicación y generalización, se intenta que los estudiantes usen ese nuevo conocimiento en situaciones diferentes a aquellas en las cuales lo aprendieron y que lo utilicen para diseñar el instrumento de evaluación inicial que aplicarán en el prácticum.

Como hemos comentado en la *Figura 3* también se relacionan las actividades de aprendizaje planificadas para la secuencia, con las fases de la Teoría de la Actividad. Para establecer estas relaciones hemos supuesto que las actividades de exploración y de introducción de los nuevos conocimientos permitirán a los estudiantes hacerse una *representación* inicial de lo que significa explorar las ideas alternativas del alumnado. Las preguntas que el estudiante decide formular, y el modo de hacerlas, ponen de relieve los aspectos que considera importantes en relación a los conocimientos que va a enseñar. Pretendemos y esperamos que esta representación inicial se vaya modificando durante la fase de estructuración y las actividades planificadas están orientadas a este fin. En el caso que el estudiante esté modelizando, también será capaz de *anticiparse* a los resultados que puede tener la aplicación del instrumento de evaluación inicial a sus alumnos. De igual manera, podrá *planificar* su actividad de diagnóstico de acuerdo con lo que pretende explorar y con la estrategia que considere más adecuada. Estas fases de la acción mental del futuro profesor, incluyendo la de *ejecución* o aplicación del instrumento, son *reguladas* cuando contrasta los objetivos de llevar a cabo dicha actividad con los criterios que debe reunir. En nuestro contexto de aprendizaje se intenta favorecer esta *regulación* a través de la interacción social con los compañeros de grupo (evaluación mutua), con la profesora-formadora (coevaluación) y se interioriza a través de la autoevaluación (*autorregulación*) que hace el propio estudiante cuando valora la bondad del instrumento diseñado.

Por todo esto pensamos que la evaluación constituye uno de los principios didácticos que caracterizan nuestro modelo de formación, dado que cumple un papel importante como elemento regulador de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje (NUNZIATI, 1990; JORBA y SANMARTÍ, 1996). También se explica que la hayamos ubicado en el centro de la *Figura 1*, porque informa sobre las interrelaciones entre los componentes del modelo didáctico. Así mismo entender la función pedagógica que puede tener la evaluación en el nuevo sistema educativo permitirá a los estudiantes comprender el papel del profesor que pasa de ser un transmisor de contenidos a ser, además, un *diagnosticador y orientador* del proceso de aprendizaje de sus alumnos.

A modo de conclusión

El modelo didáctico para la formación inicial que estamos presentando, se orienta por los principios de:

- *Comunicación y colaboración*, porque se entiende que la interacción social en pequeños grupos de trabajo colaborativo favorece que el futuro profesor aprenda a enseñar ciencias desde un modelo constructivista de la enseñanza.
- *Comprensión del conocimiento*, que se construye en la escuela secundaria como una «ciencia escolar» de características comparables a las de la ciencia entendida desde un modelo cognitivo.
- *Carácter pedagógico de la evaluación*, vista como un dispositivo que ayuda al estudiante a aprender a enseñar y a la profesora-formadora a ajustar sus estrategias con la finalidad de favorecer el aprendizaje de sus estudiantes. Este carácter de la evaluación ayuda a potenciar las capacidades metacognitivas del futuro profesor, necesarias para que vea la enseñanza de las ciencias desde un modelo diferente al suyo (SANMARTÍ, 2001).
- *Orientación socio-constructivista de la enseñanza de las ciencias*, que, en la formación inicial del profesorado se concreta en actividades de evaluación mutua (entre los estudiantes) y coevaluación (estudiante-profesora formadora/tutor). Estas estrategias resultan adecuadas para que el futuro profesor pueda contrastar su modelo de enseñanza con otros, incluido el que se le propone y vea las ventajas que este último tiene para explicar qué ciencia aprenden los alumnos, y cómo enseñarla.

- *La re-estructuración del conocimiento científico y didáctico a través de modelos teóricos*, desde los cuales se puede interpretar la realidad, hace posible que el futuro profesor entienda que hay muchas maneras de enseñar ciencias, cada una con ciertas finalidades y supuestos teóricos. Compararlas le permite tomar consciencia de sus propios puntos de vista y del valor explicativo del modelo didáctico que se le propone aprender. A esto nos referimos cuando hablamos de *Modelización*.

La investigación que se está desarrollando sobre formación del profesorado de ciencias nos permite constatar, que cada vez son más próximas las preocupaciones y las reflexiones de quienes trabajamos en esta línea, aunque los marcos teóricos no sean los mismos. En este sentido, el modelo didáctico para la formación inicial del profesorado de ciencias que presentamos en este artículo, constituye un aporte a las ideas propuestas por otros autores (por ejemplo Furió y Gil, 1998; Hewson et al, 1999; Gunstone, 2000; Porlán, 2001), en cuanto buscamos alcanzar la misma meta: que los profesores de ciencias aprendan a enseñar ciencias.

Notas

1. El/la futuro/a profesor/a o estudiante, es la persona que está en un periodo de formación inicial para llegar a ejercer en la docencia.
2. El/la alumno/a es el adolescente que asiste al instituto de secundaria.

Referencias Bibliográficas

- ANGULO, F., y GARCÍA, M. P. (1999). Aprender a Enseñar Ciencias: Una propuesta basada en la Autorregulación. *Educación y Pedagogía*, 11(25), 69-86.
- ANGULO, F., y GARCÍA, M. P. (2000). *La Autorregulación de los Aprendizajes en la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias*. Paper presented at the Simposio sobre la Formación Inicial de los Profesionales de la Educación, Universidad de Girona.
- ANGULO, F., y GARCÍA, P. (2001). *Designing Activities to Teach «Fossils»*. A *Social Interaction*. Paper presented at the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society. Tessaloniki, Greece.
- FURIÓ, C. y GIL, D. (1989) Hacia la formulación de programas eficaces en la formación continuada del profesorado de ciencias. Conferencia presentada en el

- I Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales. Formación Permanente de Profesores. La Serena-Chile.
- GIERE, R.N. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago-Londres.
- GIERE, R.N. (1999). Un nuevo marco para enseñar el Razonamiento Científico. *Enseñanza de las Ciencias* (Número Extra), 63-70.
- GUNSTONE, R. (2000). *The Education of Teachers of Physics: Contents plus Pedagogy plus Reflective Practice*. Paper presented at the PHYTEB 2000. Physics Teacher Education beyond 2000, Barcelona.
- GUNSTONE, R., SLATTERY, M., BAIRD, J., y NORTHFIELD, J. (1993). A Case Study Exploration of Development in Preservice Science Teachers. *Science Education*, 77(1), 47-73.
- HEWSON, P.W.; TABACHNICK, B.R.; ZEICHNER, K.M.; BLOMCKER, K.B.; MEYER, H.; LEMBERGER, J.; MARION, R.; PARK, H. y TOOLIN, R. (1999). Educating Prospective Teachers of Biology: Introduction and Research Methods. *Science Education*, 83(3), 373-384.
- IZQUIERDO, M., ESPINET, M., GARCÍA, M. P., PUJOL, R. M., y SANMARTÍ, N. (1999). Caracterización y Fundamentación de la Ciencia Escolar. *Enseñanza de las Ciencias* (Número Extra), 79-92.
- JORBA, J., y SANMARTI, N. (1996). *Enseñar, Aprender y Evaluar: Un proceso de Regulación Continua. Propuestas Didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Ministerio de Educación y Cultura.
- LINN, M.C., y BURBULES, N.C. (1993). «Construction of Knowledge and Group Learning». En K.T. (Ed), *The Practice of Constructivism in Science Education*. Hillsdale, NJ.:Erlbaum.
- 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), 63-80.
- NUNZIATI, G. (1990). Pour Construire un dispositif d'évaluation formatrice. *Cahiers Pédagogiques*, (280), 47-64.
- PORLÁN, R., CAÑAL, P., y GARCÍA, J.E., (1988). «Un enfoque Constructivista e Investigativo para la Formación de Formadores en Didáctica de las Ciencias». En C. Marcelo (Ed.), *Avances en el Estudio del Pensamiento de los Profesores*. Sevilla: Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- PORLÁN, R. (2001). La Formación de Profesores de Secundaria: Principios para una nueva Formación Inicial. Conferencia presentada en el Congreso Nacional de Didácticas Específicas. Las Didácticas de las áreas curriculares en el S.XXI, Granada.

- SANMARTÍ, N. (1995). *Proyecto Docente e Investigador de Didáctica de las Ciencias*. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- SANMARTÍ, N. (2001). Enseñar a Enseñar Ciencias en Secundaria: Un reto muy complejo. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, 31-48.
- SANMARTÍ, N., e IZQUIERDO, M. (1997). Reflexiones en torno a un Modelo de Ciencia Escolar. *Investigación en la Escuela*, 32, 51-63.
- ZIMMERMANN, E. (2000). «The Structure and Developing of Science Teachers' Pedagogical Models: Implications for Teacher Education». En J. K. Gilbert y C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.