

EVOLUCIÓN DE UN PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS: SITUACIÓN ACTUAL

I. Escudero
M. García
S. Llinares
V. Sánchez

Departamento de Didáctica de las Matemáticas
Facultad de Ciencias de la Educación
Universidad de Sevilla

RESUMEN

En este trabajo presentamos los resultados de una serie de estudios que han tenido por objetivo la mejora de la docencia universitaria. Nuestra labor investigadora, centrada en los procesos de aprender a enseñar y de desarrollo profesional de los profesores de Matemáticas, ha posibilitado la incorporación de resultados teóricos de investigaciones en este campo. Esto, junto con nuestras propias aportaciones, nos ha llevado a determinar unas dimensiones clave y fijar unos referentes teóricos que han sido decisivos en la conceptualización de nuestro programa de formación.

ABSTRACT

In this paper we show the results of some studies that have been focused on the improvement of teaching in the university classrooms. Our work as researchers, related to the learning to teach processes and the professional development of mathematics teachers, has permitted both the incorporation of the theoretical results of the research developed in this field and the results of our own research. This led us to determine some key dimensions and a theoretical background that have been decisive factors in the conceptualisation of our mathematics primary teacher education programme.

INTRODUCCIÓN

La mejora de la docencia universitaria ha sido uno de los motivos de preocupación de nuestro grupo de investigación en los últimos años. Nuestro interés investigador, centrado en los procesos de aprender a enseñar y de desarrollo profesional de los profesores de Matemáticas, que nos hizo estar en contacto continuo con los resultados teóricos de las investigaciones en este campo, y las propias aportaciones del grupo¹ nos llevaron a determinar unas dimensiones clave y fijar unos referentes teóricos que han sido decisivos en la conceptualización de nuestro programa de formación. El plantearnos la búsqueda de esas dimensiones clave nos condujo a un proceso continuo de formulaciones y reformulaciones que nos han ocupado en los últimos años. Sin considerar que este proceso se haya cerrado, sí que podemos ya aportar algunas respuestas claras. Teniendo en cuenta

¹ El grupo GIEM (FQM226) está formado por Isabel Escudero, Mercedes García, Salvador Llinares y Victoria Sánchez.

que nos estamos refiriendo a formación inicial de profesionales de la Enseñanza Primaria en relación con las matemáticas, esas dimensiones se concretan en qué conocimiento es necesario para esa labor y cómo se puede generar el proceso de construcción de dicho conocimiento (García, 2000, en prensa). Queremos con esto decir, que el determinar el qué y el cómo de un programa es la primera tarea con la que se tiene que enfrentar el profesor universitario, y que eso estará vinculado al tipo de profesional que se espera se forme en sus aulas.

DECISIONES ADOPTADAS EN LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PLAN DE FORMACIÓN

En relación al contenido, las decisiones tomadas se fundamentan en los trabajos iniciales de Shulman (1986, 1987), Cooney (1994), y Bromme (1994) y en las aportaciones realizadas en nuestro grupo de investigación por Llinares (1991). Estos estudios nos han llevado a concretar las componentes del contenido de la formación de maestros desde nuestra Área de Conocimiento, que se resumen en **conocimiento de y sobre las matemáticas, conocimiento del currículum matemático escolar, el conocimiento sobre el aprendizaje de las nociones matemáticas, y conocimiento del proceso instructivo**. Posteriormente incluimos además como parte de este contenido los **procesos de razonamiento didáctico-matemático** que nos parecen clave como contenido en el programa específico de formación (García y Sánchez, a, b, en prensa).

Con respecto a la segunda dimensión básica, consideramos el proceso de aprender a enseñar Matemáticas como un **proceso de aprendizaje situado** (García, 2000, en prensa) en el cual se pretende que el estudiante para profesor contemple los procesos de enseñanza aprendizaje, desde la perspectiva de las últimas reformas. Esto nos hace pensar en entornos de aprendizaje con una serie de características básicas: generadores de destrezas reflexivas, motivadores de la interacción social, y la idea de "actividad" como organizadora del proceso.

Esto nos conduce a articular estos entornos a través de la práctica y mediante tareas-actividades en las que se pueda compartir, negociar, discutir, etc. los significados con los contenidos, adquiriendo los procesos cognitivos y forma de participar que se generan en los intentos de resolución de una situación-tarea (la actividad) un papel central en el proceso de aprendizaje. Siendo coherentes con estos planteamientos y teniendo en cuenta que los programas de formación deben capacitar para el desempeño de una labor profesional, nuestros alumnos (estudiantes para maestros) deberán desarrollar tareas análogas a las que desarrolla un maestro en relación con las matemáticas, pero sin la responsabilidad plena que caracteriza al profesor en ejercicio.

No pensamos ni mucho menos que esté cerrado el debate teórico sobre la conceptualización de los programas de formación. A este respecto, queremos incidir en la gran importancia que tiene la posibilidad de plantear experiencias de innovación educativa como medio que favorece y anima a implementar en el aula los planteamientos teóricos, validándolos o no y permitiendo y obligando a nuevas formulaciones teóricas que se apoyan en esa práctica. El ser coherentes con la importancia de este proceso nos ha llevado a participar en numerosos proyectos de innovación universitaria (García y Escudero, 1993, 1994, 1995; García et al., 1993, 1995, 2000; Llinares et al., 2000a, 200b; Sánchez, et al., 1997), a través de los cuales nuestra propuesta ha ido evolucionando. Aquí presentamos

algunos resultados de esta evolución, en relación a los elementos que nosotros como formadores de profesores debemos aportar para posibilitar el desarrollo del entorno, desde los primeros esbozos de su diseño a su implementación en el aula y su posterior evaluación.

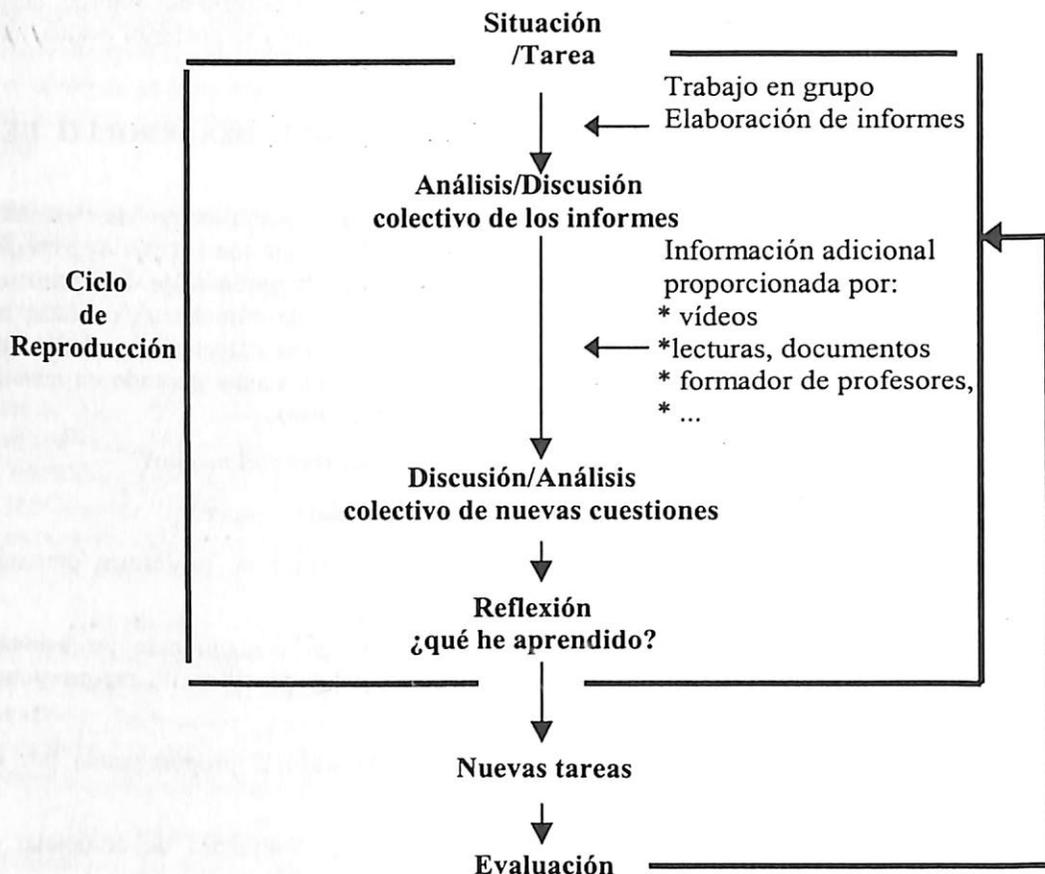
ALGUNOS ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DEL DESARROLLO DEL ENTORNO

Lo primero que vimos fue la necesidad de identificar y estructurar los elementos que corresponden al trabajo previo del formador de profesores que son necesarios para que posteriormente se puedan generar en el aula los del entorno de aprendizaje. Los primeros intentos, aunque de forma implícita presentaban una serie de características, éstas no estaban explicitadas. De hecho, no fuimos conscientes de dichas características hasta que no profundizamos teóricamente en algunos aspectos de lo que estaba pasando en nuestra práctica como formadores de profesores (García, 2000, en prensa).

¿Cuáles son en estos momentos para nosotros esas características y elementos?

- Selección o diseño de una tarea a desarrollar y un material (si procede)
- Definición de los espacios problemáticos que el formador de profesores pretende trabajar a través de ella
- Contenido que se pretende pase a formar parte de un conocimiento profesional, organizado a través de las distintas componentes y los procesos de razonamiento didáctico que se consideren.
- Información teórica que selecciona: documentos de trabajo, proporcionada por el formador de profesores, videos, etc.
- Tareas complementarias, que contemplan diferentes posibilidades de completar o ampliar lo realmente desarrollado en el aula.

El cómo específico, la forma en la que se desarrolla el trabajo que es un aspecto que responde a la otra dimensión fundamental en la constitución de la comunidad de aprendizaje nos lleva a una determinada metodología, que pretende recoger las reflexiones teóricas adoptadas. Dicha metodología se esquematiza en lo que denominamos **“itinerarios de formación”** (García, 2000). Un ejemplo de estos itinerarios se muestra en el cuadro 1, en la que se puede observar la forma de articular y estructurar los “ciclos”, entendidos como *“una situación y un conocimiento conceptual que se pone en comunicación a través de la actividad”* (García, 2000, p.61).



Cuadro 1: Esquema de un itinerario de formación. García, 2000, p.63

A continuación, vamos a mostrar un ejemplo de los elementos anteriormente mencionados. El ejemplo elegido se ocupa fundamentalmente del aspecto matemático de la formación inicial de los maestros, poniendo especial énfasis en destacar cual es la particularidad que presenta la formación matemática de unos profesionales que van a desarrollar su labor en el campo educativo.

UN EJEMPLO DE TAREA DISEÑADA

Los elementos que mostramos a continuación han sido elaborados dentro de nuestro grupo de trabajo, e implementados en cursos sucesivos, por lo que podemos decir que ya es un resultado del proceso de formulación y reformulación que forma parte de nuestro trabajo y que anteriormente hemos mencionado.

TAREA MATEMÁTICA: Teselaciones en el plano.

a) Queremos pavimentar el suelo de una habitación usando losetas poligonales regulares que tengan sus respectivos lados de la misma medida.

Indicación: Por pavimentar entendemos cubrir la superficie con polígonos sin dejar huecos entre ellos y sin que se solapen (ver por ejemplo la figura 1). Se puede experimentar con el material disponible.

b) Material disponible: material manipulable con las siguientes características: i) láminas troqueladas en cartulina en forma de polígonos de lados iguales; ii) figuras poligonales regulares, con la misma medida para el lado en cada una de ellas (triángulos equiláteros, cuadrados, pentágonos, hexágonos, octógonos, decágonos y dodecágonos).

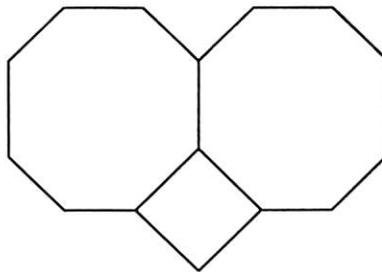


Figura 1

Se pueden dibujar en un papel las distintas posibilidades que se obtengan (sin necesidad de usar regla y compás) cuando todos los polígonos se agrupan alrededor de un vértice.

c) A los modelos de mosaicos también los podemos llamar **teselaciones**. Cuando en el mosaico sólo intervienen polígonos regulares iguales los llamamos **teselaciones regulares**. Encuentra las teselaciones regulares que existen. Justifica la elección de los polígonos regulares. Buscad una regla general que permita elegir unos y rechazar otros. Por si os sirve de ayuda podríais ir resumiendo las observaciones y resultados que se vayan obteniendo en tablas análogas a la siguiente:

Nombre de la(s) Figura(s)	Nº de lados	Nº de ángulos	¿Se puede teselar con ella?

- d) Realizar un informe del proceso seguido en la realización de las pavimentaciones, anotando no solo los polígonos elegidos y los rechazados sino también las justificaciones de las causas de las decisiones tomadas. Estos informes se intercambiarán posteriormente entre los distintos grupos.
- e) Buscar otras teselaciones aunque no sean regulares.
- f) ¿Qué elementos geométricos influyen en el hecho de que un polígono sirva o no para pavimentar el plano? Justifica tus respuestas de forma razonada.

Esta tarea (problema) se presentó a los estudiantes para profesores (para su trabajo en pequeños grupos) mediante un texto escrito. Además, se proporcionó de una información teórica sobre los contenidos matemáticos implicados por medio de distintos documentos, que mostramos a continuación:

DOCUMENTOS DE LECTURA:

- Doc. 1: Clements, S.R., O'Daffer P.G. y Cooney, T.J. 1989. *Geometría con aplicaciones y solución de problemas*. Addison-Wesley Iberoamericana (Ed.). pp. 292-293.
- Doc. 2: Escudero, I. y Pérez, A. 1994. *Geometría. (Primer ciclo de ESO)*. Octaedro (Ed.). pp. 46-52.
- Doc. 3: García, M. y Llinares, S. (en prensa). Los procesos matemáticos como contenido: el caso de la prueba matemática.
- Doc. 4: García, J. y López, M. 1975. *Matemáticas*. Marfil: Valencia, pp. 31-35.
- Doc. 5: Nortes, A. 1993. *Matemáticas y su didáctica*. Marín, D. (ed.). Murcia. pp. 250-253.

• *Análisis de la tarea:*

En la fase de planificación procedimos al análisis de la tarea, estudiando los posibles caminos de resolución que nuestros alumnos podían seguir e identificando posibles aspectos del contenido matemático implicado, que pudieran intervenir en la resolución de la tarea. El contenido de y sobre las matemáticas potencialmente implicado en la resolución de la tarea lo presentamos en el siguiente cuadro:

<p>Sobre Matemáticas</p>	<p>Las matemáticas como</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resolución de problemas • Ciencia deductiva con herramientas empíricas • Modelo teórico para el estudio e interpretación del espacio de dos dimensiones 				
<p>De Matemáticas</p>	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top; padding-right: 10px;"> <p>P r o c e s o s</p> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Interpretar información dada por imágenes apoyándose en la visualización. • Representación de los conceptos geométricos a través de figuras, como proceso que desarrolla la visualización. • Resolver problemas matemáticos. • Reconocer, extender y analizar patrones haciendo uso del razonamiento inductivo. • Conjeturar • Generalizar • Razonar deductivamente • Prueba y demostración • Demostración por inducción matemática • Demostración deductiva • Conjetura, propiedad y teorema • Comunicar, justificar y rebatir argumentos en lenguaje natural y en lenguaje teórico (como un proceso hipotético-deductivo) </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top; padding-right: 10px;"> <p>C o n c e p t o s</p> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Identificación, descripción, definición y análisis de polígonos. • Elementos geométricos que caracterizan los polígonos: ángulos, vértices, lados, diagonales, etc. • Relaciones geométricas básicas en los polígonos: suma de ángulos, triangulación de polígonos, etc. • Polígonos regulares y no regulares. • Ángulo interior de un polígono regular convexo de n lados. Expresión general. • Teselaciones regulares y semiregulares. • Divisores de 360° </td> </tr> </table>	<p>P r o c e s o s</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar información dada por imágenes apoyándose en la visualización. • Representación de los conceptos geométricos a través de figuras, como proceso que desarrolla la visualización. • Resolver problemas matemáticos. • Reconocer, extender y analizar patrones haciendo uso del razonamiento inductivo. • Conjeturar • Generalizar • Razonar deductivamente • Prueba y demostración • Demostración por inducción matemática • Demostración deductiva • Conjetura, propiedad y teorema • Comunicar, justificar y rebatir argumentos en lenguaje natural y en lenguaje teórico (como un proceso hipotético-deductivo) 	<p>C o n c e p t o s</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación, descripción, definición y análisis de polígonos. • Elementos geométricos que caracterizan los polígonos: ángulos, vértices, lados, diagonales, etc. • Relaciones geométricas básicas en los polígonos: suma de ángulos, triangulación de polígonos, etc. • Polígonos regulares y no regulares. • Ángulo interior de un polígono regular convexo de n lados. Expresión general. • Teselaciones regulares y semiregulares. • Divisores de 360°
<p>P r o c e s o s</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar información dada por imágenes apoyándose en la visualización. • Representación de los conceptos geométricos a través de figuras, como proceso que desarrolla la visualización. • Resolver problemas matemáticos. • Reconocer, extender y analizar patrones haciendo uso del razonamiento inductivo. • Conjeturar • Generalizar • Razonar deductivamente • Prueba y demostración • Demostración por inducción matemática • Demostración deductiva • Conjetura, propiedad y teorema • Comunicar, justificar y rebatir argumentos en lenguaje natural y en lenguaje teórico (como un proceso hipotético-deductivo) 				
<p>C o n c e p t o s</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación, descripción, definición y análisis de polígonos. • Elementos geométricos que caracterizan los polígonos: ángulos, vértices, lados, diagonales, etc. • Relaciones geométricas básicas en los polígonos: suma de ángulos, triangulación de polígonos, etc. • Polígonos regulares y no regulares. • Ángulo interior de un polígono regular convexo de n lados. Expresión general. • Teselaciones regulares y semiregulares. • Divisores de 360° 				

UNA VALORACIÓN EN EL AULA

La validación de los elementos aquí presentados ha sido objeto de un Proyecto de Innovación Educativa desarrollado dentro de la convocatoria del ICE del curso 00-01. En la correspondiente memoria (Escudero, en prensa) se reflejó en una forma más amplia el proceso seguido, por lo que aquí vamos a recoger en forma breve los resultados. En particular, destacamos tres aspectos. En primer lugar, la necesidad de profundizar en determinados contenidos matemáticos como son conjeturar, validar, probar, demostrar, justificar, entre otros, así como la necesidad de implicar contenidos de distintos campos

matemáticos para lograr que estos estudiantes universitarios sean capaces de establecer conexiones entre los diversos campos de las Matemáticas.

Otro aspecto estaría vinculado a la información teórica (documentos, lecturas, aportaciones del profesor). En los comentarios y análisis que los estudiantes para maestros realizan de esta información se aprecia la falta de profundización en las ideas que se expresan en los documentos, que puede ser debido tanto a la poca idoneidad de los mismos como a la falta de hábito que presentan estos estudiantes en la identificación de los elementos teóricos clave que se manejan en las mismas.

Además se destaca las dificultades que para estos estudiantes supone la realización de informes, mostrándose la necesidad de favorecer su capacidad de explicitar la evolución de su conocimiento matemático en documentos escritos. Esto, junto con las dificultades de una nueva forma de trabajar, en la que el 'quehacer matemático' (probar, conjeturar, etc) se considera contenido y en la que es necesario involucrarse de forma activa en la resolución de problemas matemáticos, nos proporcionan pistas a seguir en nuestros intentos de perfeccionar la caracterización y la identificación de nuevos elementos, y/o mejora de los ya considerados, en la generación de entornos de aprendizaje.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Para finalizar, queremos señalar que este trabajo es un paso más en nuestros intentos por profundizar en dos aspectos que creemos clave. Por un lado, algo tan importante como es la mejora de la formación de los profesionales que en un futuro van a desempeñar su labor en las clases de Matemáticas en Enseñanza Primaria, tratando de profundizar en aquellos aspectos específicos que en caracterizar su formación. Pero, por otro lado, tan importante como lo anterior, es la propia mejora de nuestra labor profesional. Pensamos que todos los esfuerzos por mejorar la enseñanza universitaria son fundamentales para incrementar la calidad docente de nuestras aulas. En este sentido, el apoyo de intervenciones institucionales como los diferentes proyectos educativos del ICE de la Universidad de Sevilla que han sido el marco de varios de los trabajos aquí recogidos, y la colaboración de los propios estudiantes universitarios, han contribuido en todo momento al desarrollo de nuestro trabajo.

BIBLIOGRAFÍAS

BROMME, R. (1994). Beyond subject matter: A psychological topology of teachers' professional knowledge, en *Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline*. R. Biehler, y otros (eds). Dordrecht: Kluwer Academic Pb.

COONEY, T. (1994). Research and Teacher Education: In search of common ground. *Journal for Research in Mathematics Education*. Vol. 25, No. 6, pp. 608-636.

ESCUADERO, I (en prensa). La formación geométrica en la formación inicial de profesores de Enseñanza Primaria a través de entornos de aprendizaje.

GARCÍA BLANCO, M. (2000). El aprendizaje del estudiante para profesor de matemáticas desde la naturaleza situada de la cognición: Implicaciones para la formación inicial de maestros, en *Propuestas metodológicas y de evaluación en la Formación Inicial de los Profesores del Area de Didáctica de la Matemática*. C. Corral y E. Zurbano (eds.). Universidad de Oviedo, pp.55-79.

- GARCÍA BLANCO, M. (en prensa). La formación inicial de profesores de matemáticas: Fundamentos para la definición de un curriculum, en D. Fiorentini (edt.) **A formação de professores de matematica: Estudos e contribuições teorico-metodologicas de Brasil, Espanha e Portugal**. UNICAMP: Brasil.
- GARCÍA, M. Y ESCUDERO, I. (1993). Estudiantes para profesor, matemáticas y aprendizaje: el núcleo de un problema. **VI Jornadas para el Aprendizaje y Enseñanza de las Matemáticas**. Actas 1994, pp. 609-616. Badajoz. España
- GARCÍA, M.Y ESCUDERO PÉREZ, I. (1994). Aprender matemáticas para aprender a enseñar. Una experiencia con funciones. VI JAEM. Actas 1995 pp. 361-366 Sevilla. España.
- GARCÍA, M.Y ESCUDERO, I. (1995) Tarea-actividad en contextos geométricos. VII JAEM. Madrid. España.
- GARCÍA BLANCO, M. y SÁNCHEZ, V. (a, en prensa). Diseño, puesta en práctica y evaluación de entornos geométricos en la formación inicial de maestros.
- GARCÍA BLANCO, M. y SÁNCHEZ, V. (b, en prensa). Una propuesta de formación de maestros desde la Educación Matemática: adoptando una perspectiva situada
- GARCÍA, M., ESCUDERO, I. Y LLINARES, S. (1995) Análisis de la relación tarea-actividad como una aproximación al conocimiento del profesor de matemáticas. Jornadas de INFANCIA Y APRENDIZAJE. Madrid. España.
- GARCÍA, M., ESCUDERO, I., LLINARES, S. Y SÁNCHEZ, V. (1993). Creencias Epistemológicas sobre las Matemáticas en los Estudiantes para Profesores de Primaria. **Enseñanza de las Ciencias**, n° extra septiembre, pp. 317-318. Barcelona. España
- GARCÍA, M., ESCUDERO, I., SÁNCHEZ, V. Y LLINARES, S. (2000). Una propuesta de formación en Educación Matemática de futuros profesores de Primaria. IX Congreso sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. "Thales". Actas. pp. 223-225, San Fernando, Cádiz. España.
- LLINARES, S. (1991). La formación de profesores de Matemáticas. GID: Universidad de Sevilla.
- LLINARES, S., SÁNCHEZ, V., GARCÍA, M. Y ESCUDERO, I. (2000a). Aprender a enseñar matemáticas. Efecto de una innovación educativa. **Revista de Enseñanza Universitaria**. Vol. extra, pp. 167-178.
- LLINARES, S., SÁNCHEZ, V., GARCÍA, M., Y ESCUDERO, I. (2000b). Aprender a enseñar matemáticas. Efectos de una innovación educativa. II Jornadas Andaluzas de Calidad de la enseñanza Universitaria. Desarrollo de Planes de Calidad para la Universidad. Sevilla. España.
- SÁNCHEZ, V., ESCUDERO, I., GARCÍA, M. Y LLINARES, S. (1997). Aprender a enseñar Matemáticas: Integrando nuevas tecnologías en la formación inicial de profesores de primaria. **Revista de Enseñanza Universitaria**, Vol. extra, pp. 153-162.
- SHULMAN, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher**, Febrero, pp. 4-14.
- SHULMAN, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. **Harvard Educational Review**, Vol. 57, No. 1, pp 1-22.