

ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO DE LOS PROFESORES
UNIVERSITARIOS DE MATEMÁTICAS SOBRE
LA ENSEÑANZA DE LAS ECUACIONES DIFERENCIALES
Y SUS APLICACIONES

MAR MORENO MORENO

RESUMEN

La investigación que aquí presentamos es una aproximación a las concepciones y creencias de los profesores universitarios de matemáticas acerca de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales en estudios científico-experimentales. El estudio tiene dos partes, una general que enumera las características más destacadas de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales en ciclo inicial de universidad y que explica la persistencia de la utilización de métodos tradicionales de enseñanza. La segunda parte, que caracteriza a cada profesor en términos de diferencias y similitudes entre las concepciones y creencias específicas, y del nivel de coherencia demostrado. Esta caracterización final nos han permitido establecer tres grupos de profesores, a los que hemos denominado I, II y III.

ABSTRACT

The present research is an approach to the conceptions and beliefs of mathematics university professors related to the teaching of differential equations within the first years of scientific and experimental studies (Moreno, 2001). The teaching objectives are twofold: on the one side, to discern the most relevant characteristics of present way of teaching differential equations and to explain the persistence of traditional teaching methods; an secondly, to categorise each professor under study in terms of his conceptions and beliefs about the subject matter itself, about the teaching and learning of it, and also to establish the level of coherence and consistency or permeability of such conceptions and beliefs. The differences when categorising each professor arise from coherence between his conceptions and his beliefs, and they allow us to set up three groups of professors (I, II and III).

1. INTRODUCCIÓN

La investigación que aquí presentamos es un estudio sobre la enseñanza de las ecuaciones diferenciales en facultades de ciencias experimentales. Las necesidades de la sociedad actual son las de personas más competitivas, cualificadas y versátiles en sus trabajos que sean capaces de especializarse durante toda la vida. Esta nueva situación obliga tanto a profesores como a la propia universidad a redefinir sus metas.

Las realidades constatables de las que parte la investigación son: asignaturas cuatrimestrales, menor duración de los estudios y menor período de aprendizaje, masificación de las aulas, limitaciones económicas, desmotivación de los estudiantes, etc. Las consecuencias más directas sobre la enseñanza suelen traducirse en que el profesor tiende a mantenerse en su papel tradicional, desde el punto de vista metodológico la clase magistral sigue siendo el principal medio de enseñanza, y se potencian los aprendizajes memorísticos y mecanicistas alejados del deseado aprendizaje significativo.

Un primer paso en la reflexión y análisis de la problemática universitaria debe partir del profesor y, en particular, debemos conceder especial importancia al estudio, análisis e interpretación de las concepciones y creencias de los profesores universitarios de matemáticas y, determinar en qué medida éstas influyen en la práctica docente descrita por cada profesor. Las características específicas de esta investigación, y los objetivos inicialmente definidos hacen que no se tenga en cuenta, por el momento, la observación de aula ni la constatación de las afirmaciones de cada profesor.

Trabajos como los de Artigue (1989, 1995) sobre la enseñanza de las ecuaciones diferenciales y la ingeniería didáctica, o los de Tall (1986c, 1989, 1991) sobre el pensamiento matemático avanzado y el aprendizaje de las nociones del cálculo, fueron los que suscitaron inicialmente un creciente interés por el tema y, constituyeron los primeros pilares de esta investigación.

No obstante, los antecedentes del estudio hay que situarlos en una primera indagación sobre la problemática de la enseñanza de las matemáticas en facultades de ciencias experimentales, realizado en el año 1994. Con posterioridad, en el año 1995, y a partir de las intuiciones y evidencias del estudio preliminar, se realizó un nuevo trabajo cuyo objetivo principal era analizar las concepciones de los profesores sobre la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. El intento de responder a preguntas como: ¿a qué se debe la persistencia e inmovilismo de la enseñanza tradicional de las ecuaciones diferenciales?, ¿dónde radica la dificultad de la enseñanza de las aplicaciones y la modelización de situaciones próximas a la realidad?, etc., nos llevan a proponer unos objetivos de investigación que, desde el punto de vista general, nos permitan:

Determinar las características más relevantes de la enseñanza actual de este contenido matemático y, explicar la persistencia de métodos de enseñanza tradicionales de las ecuaciones diferenciales, que potencian el enfoque algebraico sobre el gráfico y el numérico, y que favorecen el tratamiento mecánico e instrumental.

Estos objetivos de investigación desde un punto de vista particular nos deberían ayudar a:

Caracterizar a los profesores de matemáticas universitarios en función de sus creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje, y sus concepciones sobre las matemáticas y, en particular, de la materia que enseñan; determinar el nivel de coherencia del conjunto de creencias y concepciones de los profesores y la influencia sobre las decisiones que determinan la práctica docente de cada profesor; y valorar la consistencia y grado de permeabilidad de las creencias y concepciones de cada profesor.

2. MARCO TEÓRICO

Dado que en el análisis de los datos se abordarán aspectos sobre aprendizaje, enseñanza y modelización, consideramos que el marco teórico diseñado para la investigación, como modelo que nos permite interpretar los datos disponibles, debe proporcionarnos instrumentos suficientes para analizar, interpretar, caracterizar y comparar las creencias de los profesores sobre enseñanza y aprendizaje, y las concepciones sobre la materia objeto de enseñanza.

Dentro del denominado «paradigma del pensamiento del profesor» la tendencia actual parece ser la de inclinarse por la profundización en el «contenido del conocimiento profesional», el cual se ha estudiado, tal como señala Llínares (1996), a partir del estudio del contenido del conocimiento, de las percepciones, de las creencias y de los procesos de pensamiento de los profesores. En esta investigación nos centramos exclusivamente en el análisis de las creencias y concepciones, componentes ambas del conocimiento.

Hemos optado por el término «creencia» para referirnos a los conocimientos subjetivos y poco elaborados de cada profesor sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales (Llínares, 1991; Pajares, 1992), sobre la base de que el conocimiento que tienen los profesores de universidad sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje es fruto de la experiencia docente y del efecto socializador. En este sentido, sus conocimientos sobre enseñanza y aprendizaje son subjetivos, con una fuerte carga de afectividad y sin una sólida base pedagógica que los sustenten.

Utilizamos el término «concepción» como organizador de los conceptos, de naturaleza esencialmente cognitiva que se apoyan sobre un sustrato filosófico que describe la naturaleza de los objetos matemáticos (Ponte, 1994b; Thompson, 1992; Llínares, 1991), debido a la condición de matemáticos, expertos en matemática aplicada, que les hace conocedores de la naturaleza de estos objetos matemáticos, y les permite encuadrar dichas ideas sobre la naturaleza y valor de la materia en una posición histórico-filosófica concreta, bien platónica, formalista, intuicionista, etc.

Otro elemento útil en el análisis e interpretación de los datos es el de «consistencia de las creencias», como grado de convicción personal y permeabilidad de éstas (Cooney, 1998). Asimismo, tomamos como referencia a Vergnaud (1990) y hablamos de «epistemología de la educación matemática» para reflexionar sobre las creencias del profesor sobre aspectos de enseñanza y aprendizaje; y «epistemología

de la matemática» para hacer referencia a esas concepciones y conocimiento del profesor sobre las ecuaciones diferenciales y la influencia en sus decisiones como docente.

Algunos de los elementos de la primera son: los niveles de competencia para el aprendizaje definidos por Ponte (1992); los modelos de enseñanza de Kuhs y Ball (1986) y de Ernest (1985, 1989b); y los estilos docentes de Peltier (1993). Para referirnos a las concepciones sobre la materia hemos tenido en cuenta: las corrientes filosóficas basadas en las escuelas de pensamiento logicistas, intuicionistas y formalistas, todas ellas condicionadas por las corrientes platónicas y aristotélicas que durante siglos han condicionado las ideas de los matemáticos sobre la naturaleza de los objetos matemáticos; la utilización de estas ideas en la enseñanza de las matemáticas; y los valores que caracterizan a la cultura occidental (Bishop, 1991).

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

a) *Instrumentos de recogida de datos*

La investigación realizada, y de la que aquí se da cuenta parcialmente, se caracteriza por ser de carácter cualitativa, generativa, constructiva, exploratoria, descriptiva y explicativa. Dada la importancia de disponer de diferentes instrumentos de recogida de información que permitan triangular los resultados, a parte del cuestionario y la correspondiente entrevista grabada, se dispuso de otros instrumentos de recogida de información como son: programas oficiales; hojas de ejercicios y problemas propuestos; referencias bibliográficas recomendadas a los estudiantes; en algún caso, dossier de apuntes preparado por los profesores para el seguimiento de la asignatura.

Los participantes del estudio fueron seis profesores de matemáticas de universidad, todos ellos matemáticos, expertos en matemática aplicada y con experiencia docente entre 3-34 años, tanto en ámbitos matemáticos como no matemáticos (química, biología y veterinaria).

Para el diseño del cuestionario, que sirvió de base para la entrevista grabada, se tuvo muy en cuenta la importancia de acceder a las creencias de los profesores de forma indirecta, para evitar respuestas en la que subyace la necesidad de «quedar bien». También cuidamos que los profesores no se sintieran ni cuestionados ni evaluados, y que el tiempo de dedicación al cuestionario no fuera excesivo. Finalmente, presentamos a los profesores un cuestionario formado por cuatro tareas de ecuaciones diferenciales y ligadas a situaciones reales del ámbito de la química y de la biología, sobre las que deseábamos que cada profesor reflexionara en voz alta de aspectos propios de la materia, de su enseñanza y su aprendizaje. Las tareas fueron seleccionadas de textos de matemáticas, recomendados en cursos de matemáticas para químicos y biólogos. Buscamos tareas que resultaran novedosas, ricas y que permitieran articular los tres enfoques: gráfico, algebraico y numérico.

La entrevista, grabada en audio y de una hora de duración, tuvo carácter estructurado. Constaba de dos partes, una primera específica sobre el cuestionario, y una

segunda parte que incluía preguntas sobre temas transversales y de interés para al investigación.

b) *Análisis de los datos*

Las conclusiones finales de la investigación proceden del análisis de los materiales disponibles de cada profesor, de las creencias institucionales mantenidas por la mayoría y del análisis de los cuestionarios. En particular, para el análisis de los cuestionarios nos hemos apoyado en los trabajos de Miles y Huberman (1984) que consideran que, junto a las tareas de análisis y recogida de datos, se deben conectar las tareas de reducción de datos, estructuración y extracción de resultados.

Para el análisis de los materiales disponibles de cada profesor y de los libros de texto utilizados, remitimos a Moreno (1995). Las creencias institucionales proceden de las entrevistas y son aquellas aceptadas de forma general por la institución y alimentadas en su seno (De Juan, 1995; Moreno, 1995).

Dado el volumen de información disponible, hemos necesitado de varias fases para llevar a cabo el análisis de los datos y obtención de resultados. Inicialmente definimos unas categorías muy amplias y generales, que fueron afinándose y concretándose al final del análisis. A partir de todos los datos disponibles hemos realizado un doble análisis, uno de carácter general y otro particular y específico de cada profesor. El primer análisis se realizó a partir de los datos obtenidos de la entrevista, manipulados en fases sucesivas y expresados en tablas de doble entrada para facilitar el acceso a la información. El análisis particular se realizó a partir de una lista de descriptores, procedente de las reducciones de datos realizados a lo largo de todo el proceso de análisis.

La finalidad del análisis general era proporcionar una visión global y común de las concepciones y creencias que los profesores manejan con relación a los aspectos de enseñanza, aprendizaje y modelización, de ahí el interés por destacar los aspectos más relevantes asumidos por la mayoría de los profesores. Mientras que, la finalidad del análisis particular era caracterizar a cada uno de los profesores, evidenciando coherencias e incoherencias de sus ideas, y el grado de consistencia de las mismas.

4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

a) *Análisis general de las creencias y concepciones sobre la enseñanza, el aprendizaje y la modelización*

El análisis general aborda, independientemente, los temas de enseñanza, aprendizaje y modelización. Presentamos algunas creencias y concepciones seleccionadas, de entre las muchas que recogen por separado cada uno de estos tres análisis, como muestra de este análisis general:

- Los estudiantes aprenden las ecuaciones diferenciales por imitación y memorización de situaciones y esquemas de resolución vistos en clase (Profesores A, B y F).
- Los estudiantes son incapaces de pensar, crear y razonar por sí mismos (Profesores B y D).
- Las definiciones son algo mecánico que tiene que aprenderse y en donde no hay nada que entender (Profesores A y F).
- Sería mucho más interesante interpretar un modelo que invertir tanto tiempo en resolver diferentes tipos de ecuaciones mecánicamente (Profesores A, C y F).
- La utilización de ordenadores de forma sistemática nos obligaría a cambiar la manera actual de enseñanza de las ecuaciones diferenciales y a dar más importancia a los métodos gráficos y numéricos (Profesores A y D).
- La formación de los profesores como matemáticos está muy alejada de las aplicaciones a otros campos de las ciencias experimentales (Profesores A y C).
- Las técnicas y los modelos matemáticos son dos aspectos difíciles de reconciliar, por eso los profesores elegimos uno (Profesor D).
- Resulta mucho más fácil enseñar a resolver una ecuación diferencial que enseñar a plantear un modelo matemático, de ahí que se opte por el camino más fácil (Profesores A y D).

El eje de todo este análisis radica en las fuertes contradicciones de los profesores entre:

- *Las concepciones de las matemáticas y de las ecuaciones diferenciales*, que se sitúan muy próximas al formalismo y con una idea platónica de los objetos matemáticos, y donde los contenidos teóricos son una parte imprescindible del desarrollo de las estructuras matemáticas.
- *Las creencias sobre la enseñanza de las ecuaciones diferenciales*, que se aproximan a un estilo normativo y centrado en la clase en el que el profesor actúa como transmisor y el estudiante se convierte en un receptor pasivo de los conocimientos matemáticos.
- *Las creencias sobre el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales*, que consideran al estudiante como un aprendiz de matemáticas con un nivel de competencia elemental que únicamente les permite ejecutar actividades mecánicamente, y que aprende por imitación a partir de los modelos y ejemplos propuestos por los profesores.

Como consecuencia de concepciones y creencias, y condicionados por el tiempo, la extensión de los programas y las actitudes y conocimientos que perciben en los estudiantes, los profesores optan por presentar los contenidos muy simplificados, eliminan lo superfluo, dirigen mucho todas las actividades y explicaciones, y acaban instrumentalizando la enseñanza, dando una visión muy parcial de las ecuaciones diferenciales y sus aplicaciones.

b) *Análisis particular de cada profesor*

Este análisis nos proporciona una descripción muy detallada de cada profesor en cuanto a las concepciones sobre la materia objeto de enseñanza, y las creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje, y su influencia en la toma de decisiones sobre la docencia. Aunque cada profesor tiene características muy propias que lo definen, también encontramos muchas coincidencias entre todos ellos. Algunas de estas creencias sobre los estudiantes que ilustran el análisis son:

- Receptores pasivos del conocimiento matemático, con un nivel de competencia y pensamiento matemático elemental, baja capacidad de razonamiento y de abstracción, lo que desde el punto de vista de los profesores, limita mucho el tipo de trabajo susceptible de realizarse en el aula.
- Estudiantes inmaduros, desmotivados y sin interés alguno por las ecuaciones diferenciales ni por las posibles aplicaciones que éstas puedan tener en situaciones de la vida cotidiana.

Las coincidencias más relevantes respecto a la forma como los profesores actúan y toman decisiones respecto a la enseñanza son:

- Justifican sus decisiones de planificación, elección de contenidos y de tareas de aprendizaje, etc. apoyándose en el bajo nivel de conocimientos de los estudiantes. Se sienten incapaces de establecer puentes entre la enseñanza y el aprendizaje, y consideran las deficiencias conceptuales de los estudiantes y los problemas actitudinales como obstáculos insalvables.
- Todos los profesores reconocen y asumen la deficiente formación científica inicial para abordar problemas de modelización próximos a la química, biología, veterinaria, ciencias de la salud, etc., aunque cada uno tiene su propia creencia sobre cómo influye y condiciona su práctica docente.
- La mayoría de los profesores se muestran cautos cuando se trata directamente el tema de los estudiantes, reconociendo que es un tema delicado y que entraña dificultad, a pesar de que prefieren dejarlo a parte. Reconocen la necesidad de un debate sobre la enseñanza universitaria aunque tampoco les preocupa demasiado, al ser un aspecto que no está lo suficientemente valorado ni reconocido en el ámbito institucional.

Los diferentes matices que aporta cada profesor nos ha permitido incluirlos en tres grupos con cualidades similares: Grupo I: Profesores A, B y F (incoherentes y permeables); Grupo II: Profesores C y D (coherentes y consistentes); Grupo III: Profesor E (incoherentes y consistentes).

Todos los profesores tienen unas concepciones platónicas y formalistas de las matemáticas, salvo el profesor F que busca un equilibrio entre el formalismo matemático y las ideas intuicionistas. La práctica docente de todos ellos acaba siendo muy instrumental con ligeras inclinaciones hacia otras posturas más conservadoras o pragmáticas, en cada caso particular. El único profesor que decididamente se

mantiene en una tendencia de enseñanza caracterizada por las concepciones formalistas es el profesor D.

El mayor grado de permeabilidad en sus concepciones y creencias lo muestran los profesores del grupo I, que se muestran muy reflexivos sobre su propia práctica docente y son conscientes de la necesidad de dar otro enfoque a la enseñanza de las ecuaciones diferenciales que permitiera a los estudiantes tener una visión más global e intuitiva.

Las creencias y concepciones de los profesores del grupo II son las más consistentes pues consideran que su práctica docente es la que debe ser. Finalmente, el profesor E, no tiene mucha consciencia de su práctica de enseñanza, a pesar de un discurso eminentemente didáctico. Tiene el convencimiento de trabajar desde planteamientos constructivistas, sin embargo, nuestro análisis e interpretación de los datos y de los materiales que utiliza, demuestra que su práctica docente es extremadamente guiada y conductista.

5. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DEL ESTUDIO

Algunas de las conclusiones a las que hemos llegado son:

- La mayoría de los profesores creen y están convencidos de la idoneidad de los contenidos de ecuaciones diferenciales que imparten actualmente. Se sienten cómodos con un discurso y estilo magistral.
- Las concepciones sobre la materia se aproximan al formalismo, mientras que la práctica docente es esencialmente instrumentalista, haciendo especial énfasis en la enseñanza de métodos de resolución de tipos de ecuaciones diferenciales integrables, y en la resolución de determinados problemas «tipo» de modelización.
- La casi ausencia de la enseñanza de las técnicas modelización se debe a:
 - Dificultad conceptual y deficiencia de conocimientos matemáticos por parte de los estudiantes. Comodidad del profesor frente a una enseñanza mecánica de métodos de resolución de ecuaciones diferenciales.
 - Concepción personal de cada profesor respecto a la matemática aplicada y su posición en el ámbito de las matemáticas.
- La mayoría de los profesores optan por la enseñanza instrumental de las ecuaciones diferenciales apoyándose en tres argumentos: bajo nivel de competencia de los estudiantes; sencillez de la enseñanza de técnicas; tiempo de dedicación para la planificación de la materia.
- Identifican «buena enseñanza» con «buen nivel de conocimientos», y no se planteen la necesidad de formación didáctica alguna; por el contrario, creen que es necesaria una formación científica específica sobre aplicaciones de las ecuaciones diferenciales a las ciencias.
- La persistencia de los métodos de enseñanza tradicional puede deberse a:
 - Concepción muy formalista de la matemática que sobrevalora la manipulación simbólica frente al tratamiento numérico y gráfico de las ecuacio-

nes diferenciales, como principio incuestionable del aprendizaje significativo.

- Miedo a la pérdida de lo que consideran «las matemáticas de verdad», en favor de contenidos y técnicas propias de «las matemáticas aplicadas».
- Consciencia de la obligatoriedad de reciclarse y dedicar tiempo a la preparación de una materia que actualmente conocen y dominan, destinando ese tiempo a la investigación u otras tareas profesionales más valoradas institucionalmente.
- La resistencia o no al cambio está directamente relacionada con la consistencia o no de las creencias particulares de los profesores. Así, observamos que el grupo I sería el más proclive a asumir apuestas de formación e innovación; mientras que, los grupos II y III se muestran muy cerrados y contrarios a cualquier formación que vaya más allá de una formación científica específica.
- El proceso de enseñanza acaba mostrándose: asimétrico al no existir un reparto de responsabilidades entre el profesor y el estudiante; falta de intencionalidad, pues las metas y objetivos no quedan claros, y la enseñanza se reduce a un conglomerado de contenidos conceptuales y tareas de ejercitación; excesivamente idealizado.

Algunas implicaciones que se derivan de esta investigación son:

- Cualquier propuesta de formación del profesor universitario de matemáticas debe considerar como paso previo e imprescindible el conocimiento de las concepciones y creencias de los profesores, como posible clave del éxito de ésta.
- Diseñar un instrumento operativo de determinación de las concepciones y creencias del profesor universitario de matemáticas, sobre la enseñanza, el aprendizaje y la materia que enseña, que permitiera una fácil caracterización, detección de bloqueos, etc., que contribuyera a la mejora de la práctica docente y su formación.
- Necesidad de un debate y reflexión sobre la utilidad, interés e importancia de los contenidos actuales para un aprendizaje y enseñanza mediatizada por las nuevas tecnologías, y condicionada por las demandas sociales.
- Creación de grupos de trabajo interdisciplinares que aunen esfuerzos a favor de la mejora de la calidad docente y profesionalización del profesor universitario de matemáticas.
- Búsqueda de un espacio de trabajo común entre los matemáticos y los especialistas en didáctica de las matemáticas que propicie el intercambio y comunicación entre ambos colectivos, favoreciendo la apertura de vías de trabajo y colaboración en una misma dirección.

Para concluir, creemos que, más allá de haber logrado todos los objetivos inicialmente propuestos, esta investigación ha abierto una vía de trabajo necesaria e interesante y poco desarrollada en el área de didáctica de las matemáticas. En este sentido, pensamos que se deben potenciar investigaciones que aborden la problemá-

tica de la enseñanza universitaria y profundizar en muchos aspectos que han quedado incompletos o sin responder.

BIBLIOGRAFÍA

- Artigue, M. (1989). *Une recherche d'ingénierie didactique sur l'enseignement des équations différentielles en premier cycle universitaire*. Cahiers du Séminaire de Didactique des Mathématiques et de l'Informatique de Grenoble, Edition IMAG.
- Artigue, M. (1995). La enseñanza de los principios del cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. En Artigue, M.; Douady, R.; Moreno, L. y Gómez, P. (Eds.), *Ingeniería didáctica en educación matemática*. Grupo Editorial Iberoamericano, México, pp. 97-140.
- Bishop, A. J. (1991). Mathematical values in the teaching Process. En Bishop, A. J. *et al.* (Eds.), *Mathematical knowledge: its growth through teaching*, pp. 195-214.
- Cooney, T. (1998). *Conceptualizing the professional development of teachers*. Proceedings of ICME-8, Sevilla, pp. 108-124.
- De Juan Herrero, J. (1995). *Introducción a la enseñanza universitaria. Didáctica para la formación del profesorado*. Editorial Dykinson, S.L., Madrid.
- Ernest, P. (1985). The philosophy of mathematics and mathematics education. *International Journal of Science and Technology*, Vol. 16 (5), pp. 603-612.
- Ernest, P. (1989b). The knowledge, beliefs and attitudes of the mathematics teacher: a model. *Journal of Education for Teaching*, Vol. 15 (1), pp. 13-33.
- Kuhs, T. y Ball, D. (1986). *Approaches to teaching mathematics: mapping the domains of knowledge, skills and dispositions*. Michigan State University, Center of Teacher Education, East Lansing.
- Llinares, S. (1991). *La formación de profesores de matemáticas*. GID, Universidad de Sevilla.
- Llinares, S. (1996). Conocimiento profesional del profesor de matemáticas: conocimiento, creencias y contexto en relación a la noción de función. En Ponte, J.; Monteiro, C. *et al.* (Coord.), *Desenvolvimento profissional dos professores de matemática. Què formação?*, Serçao de Educação Matemática. Sociedade Portuguesa de Ciências de Educação, Lisboa, pp. 47-82.
- Miles, M. y Huberman, A. (1984). *Qualitative data analysis: a sourcebook of new methods*. Sage Publications, London.
- Moreno, M. (1995). *Enseñanza de las ecuaciones diferenciales a químicos y biólogos desde la perspectiva del profesor de matemáticas. Estudio de casos*. Tesis de maestría, U.A.B., Bellaterra.
- Moreno, M. (2001). *El profesor universitario de matemáticas: estudio de las concepciones y creencias acerca de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. Estudio de casos*. Tesis doctoral, U.A.B., Bellaterra.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, Vol. 62 (3), pp. 307-332.
- Peltier, M. L. (1993). Una visión general de la didáctica de las matemáticas en Francia. *Educación Matemática*, Vol. 5 (2), pp. 4-10.
- Ponte, J. (1992). Concepções dos professores de matemática e processos de formação. En Brown, M.; Fernandes, D. *et al.* (Eds.), *Educação matemática. Temas de investigação*, Lisboa, SEM-SPCE.
- Ponte, J. (1994b). Knowledge, beliefs and conceptions in mathematics teaching and learning. En Bazzini, L. (Ed.), *Theory and practice in mathematics education. Proceedings of*

the Fifth International Conference on Systematic Cooperation between theory and practice in mathematics education, Grado, Italia.

Tall, D. (1986c). Lies, damm lies and differential equations. *Mathematics Teaching*, Vol. 114, pp. 54-57.

Tall, D. (1989). Concept images, generic organizers, computers, and curriculum change. *For the Learning of Mathematics*, Vol. 9 (3), pp. 37-42.

Tall, D. (Ed.) (1991). *Advanced mathematical thinking*. Kluwer Academic Press, Netherlands.

Vergnaud, G. (1990). Epistemology and psychology of mathematics education. En Nesher, P. y Kilpatrick, J. (Eds.), *Mathematics and cognition: a research synthesis by the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. ICMI Study Series. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 14-30.