



LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA. UN EJEMPLO: LA EDUCACIÓN OBLIGATORIA

Martín M. Socas Robayna
Josefa Hernández Hernández Domínguez

Universidad de La Laguna

Resumen

En este artículo se presentan diferentes aspectos de la enseñanza de las Matemáticas en la educación obligatoria y de la formación del profesorado de Matemáticas de esta etapa educativa, tomando como punto de partida ciertas consideraciones que sobre la enseñanza de las Matemáticas en España realizó la Comisión de Educación de la RSME (2001).

En primer lugar se comentan aspectos generales de las propuestas que derivan de la LOGSE (1989) y la LOCE (2002), a continuación se presentan algunos resultados obtenidos en diferentes pruebas nacionales e internacionales en Matemáticas y se analizan en relación con la educación obligatoria, para abordar finalmente la problemática asociada con la formación del profesorado de Matemáticas de Educación Secundaria.

Abstract

In this paper we present different aspects of the teaching of Mathematics in Compulsory Education and of the preparation of future Mathematics teachers of this educational stage, taking as a starting point the considerations about the teaching of Mathematics carried out by the Commission of Education of the RSME (2001).

Firstly, we comment general aspects of the proposals that derive from two laws: LOGSE (1989) and LOCE (2002). Next we present and analyse some results obtained in different national and international assessments in Mathematics in connection with Compulsory Education. Finally, we approach the problem associated to the preparation of future Mathematics teachers of the Secondary Education.

Introducción

En este trabajo se analizan determinados aspectos de la enseñanza de las Matemáticas que se enuncian en el documento elaborado por la Comisión de Educación de la R.S.M.E. (2001) sobre la enseñanza de las Matemáticas en España. En concreto esta reflexión está orientada hacia dos temas específicos: LOGSE (Ley Orgánica General del Sistema Educativo) en contraposición con LOCE (Ley Orgánica de Calidad de la Educación), en la que se aportan como datos para esta reflexión los resultados obtenidos en diferentes pruebas nacionales e internacionales por alumnos en Matemáticas, y la formación del profesorado de Matemáticas de Secundaria, que son temas de candente actualidad.

En consecuencia, el trabajo se estructura en tres partes diferenciadas. En la primera, se analizan y se comentan distintas problemáticas que se han generado en la Educación Secundaria Obligatoria, y se hace una confrontación entre las propuestas que derivan de la LOGSE y la LOCE que toma como referencia el “Documento de Bases para una Ley de Calidad de la Educación” (2002). En la segunda parte, se abordan cuestiones relativas a la calidad de las Matemáticas que se estudian en la Educación Obligatoria (6-16 años); en relación con la Educación Primaria, se analizan y comparan los resultados obtenidos en Matemáticas por alumnos de doce años, sexto de E.G.B. (INCE, 1995), y sexto de Primaria (INCE, 1999); y en relación con la Etapa 12-16, se analizan diferentes resultados obtenidos en Matemáticas en distintas pruebas internacionales. En la tercera y última, se analiza la formación del profesorado de Matemáticas de Secundaria y se concluye mostrando diferentes pautas que debemos tomar en consideración para articular coherentemente una propuesta de formación del profesorado de esta etapa educativa.

Situación de la enseñanza de las Matemáticas

La Real Sociedad Matemática Española (R.S.M.E.), a través de su Comisión de Educación, presentó en el Congreso BIANUAL de la RSME2002, Puerto de la Cruz-Tenerife (28 de enero al 1 de febrero de 2002), un documento sobre la situación de la enseñanza de las matemáticas en España. El documento ha sido publicado en La Gaceta de la R.S.M.E. (Crespo y otros, 2001).

El documento insiste en diversos problemas urgentes que deben tratar las diferentes instituciones implicadas en la enseñanza de las Matemáticas en nuestro país. En este caso tomaremos dos aspectos que nos parecen de la mayor importancia y que son, a nuestro entender, parte significativa del debate generado sobre la problemática de la enseñanza de las Matemáticas: las Matemáticas para todos hasta los 16 años y la formación del profesorado de Matemáticas de la Educación Secundaria.

Como muestra el citado documento, la reciente ampliación de la edad de la escolarización obligatoria demanda una adaptación del enfoque tradicional de la enseñanza de las Matemáticas. Pero no parece haber un consenso sobre la forma más adecuada de articular, organizativa y metodológicamente, la enseñanza de las Matemáticas en los niveles obligatorios de la educación o en la Secundaria no obligatoria.

Igualmente insiste en la ausencia de directrices consensuadas para la formación de profesores de Matemáticas, ante las profundas modificaciones que ha experimentado, en la práctica, el ejercicio de esta profesión de profesor.

La escolarización obligatoria y única hasta los dieciséis años ha modificado, por fuerza, el papel del profesor en los niveles obligatorios. Según el curso y el grupo en el que imparta su docencia, el profesor podría llegar a convertirse antes en un diseñador de situaciones “variadas” de aprendizaje que en un mero trasmisor de conocimientos matemáticos (a

causa de la heterogeneidad de capacidades y circunstancias de sus alumnos, escolarizados obligatoriamente a una edad en la que ya se sienten capaces de tomar decisiones propias).

En este marco de referencia vamos a considerar en primer lugar diferentes cuestiones generales que derivan de la LOGSE y de la LOCE; en segundo lugar, analizamos el aparente descenso en conocimientos matemáticos de los alumnos como consecuencia del desarrollo de la LOGSE, y, en tercer lugar, como hemos indicado, la formación del profesorado de matemáticas.

1. LOGSE contra LOCE

Se tratan en este apartado diferentes problemáticas que se han generado en la Educación Obligatoria y se comparan las propuestas que derivan de la LOGSE y de la LOCE, tomando como referencia el “Documento de Bases para una Ley de Calidad de la Educación” (2002).

Asistimos en el momento actual, sin lugar a dudas, a un sentimiento generalizado de deterioro de la Enseñanza en España, especialmente de la Enseñanza Pública. En consecuencia, las reformas que derivaron de la LOGSE presentan un panorama poco halagüeño, en el que de manera general los más perjudicados de esta situación son los alumnos y los profesores. En el primer caso, las opiniones más generalizadas señalan que a los alumnos se les ha privado de la capacidad de esfuerzo, de las condiciones necesarias para aprender y constituirse en sujetos críticos; por el contrario, bajo el artificio de lo lúdico, se les ha situado en actividades de diversión y entretenimiento que les idiotizan y generan individuos irresponsables y dependientes. En el segundo caso, aparece un profesorado privado de su prestigio social, y responsable directo del fracaso escolar de sus alumnos que se encuentra inerme para poder ejercer su función de enseñar. Ante esta aparente o real percepción social de la caída de la

enseñanza, conviene preguntarse por algunas de las razones que la han motivado. Vamos a considerar brevemente esta problemática bajo la contraposición de los siguientes términos: enseñanza pública, comprensividad, caos y marginación, frente a enseñanza privada, calidad, orden y selección, respectivamente.

Enseñanza pública contra enseñanza privada. La convivencia de la enseñanza en la llamada doble red, sector público y privado concertado, no ha dado los frutos esperados, sino todo lo contrario. La escuela pública no ha podido competir en igualdad de condiciones con la privada concertada; en este sentido se manifiesta el mencionado documento de la R.S.M.E. (Crespo y otros, 2001):

“Un sistema comprensivo tal vez termine favoreciendo, en una sociedad que se rige en gran medida y fuera del entorno escolar por unos principios de competitividad, el desarrollo de mecanismos de defensa en las élites económicas y sociales, tales como una mayor demanda de centros de estudio de carácter privado, donde la práctica del principio de la comprensividad en condiciones materiales precarias tenga un menor efecto; y la correspondiente disminución de la atención de los centros públicos de enseñanza, convertidos apenas en garantes del derecho a la educación para las capas más desfavorecidas. Y esta tensión entre la enseñanza pública y privada podría acabar propagándose a todo el sistema educativo, desde la educación infantil a la universitaria.

Aunque esa pretendida superioridad pueda ser una falacia, ha calado en la percepción social y constituye, de hecho, un rechazo al modelo comprensivo de educación general.

Comprensividad contra calidad. La extensión de la educación obligatoria hasta los dieciséis años obligó a plantearse el tipo de enseñanza adecuada a esa nueva población escolar enormemente heterogénea. Se optó, en consecuencia, por el modelo comprensivo al estilo anglosajón, bajo el lema de una educación para todos, pero personalizada. El citado

documento de la R.S.M.E. resume acertadamente los pilares de esta propuesta:

“Para abordar con profundidad la problemática asociada a la enseñanza de las matemáticas, es necesario reflexionar sobre la relativamente reciente adopción, en nuestro país, de una escolarización obligatoria hasta los 16 años y su puesta en marcha sustentada en tres pilares: comprensividad (currículo básico y común, retraso de la selección y especialización, extensión de la obligatoriedad); atención a la diversidad (medidas ordinarias y extraordinarias de atención y respuesta a la diversidad de capacidades e intereses de los alumnos en los centros), y equidad (compensación de desigualdades y promoción de la igualdad de oportunidades educativas)”.

Se trata de una propuesta con un itinerario educativo esencialmente único para todos los estudiantes, excepto en el último año de la Educación Secundaria Obligatoria, pero en el que los profesores y los centros pueden y deben realizar las adaptaciones curriculares que consideren adecuadas para atender a la diversidad de capacidades e intereses de los alumnos.

La comprensividad, tal como se ha implementado en nuestro sistema en la práctica, acarrea determinadas consecuencias, no sólo en el nivel educativo primario o secundario, sino en todo el sistema educativo, incluyendo el nivel universitario; un ejemplo, lo constituye el claro descenso de los conocimientos matemáticos y de la formación general del alumnado que ingresa en la universidad.

En la práctica, se constata una opinión generalizada en la que los diferentes agentes sociales manifiestan que lo que ciertamente ha ocurrido es una drástica reducción de los contenidos matemáticos básicos a los más elementales, que de hecho hace inviable la igualdad de oportunidades para los más desfavorecidos. Parece que lo que se desprende es que la inteligencia media de la población de esta etapa educativa es mucho más escasa de lo que realmente es, por lo que se hace necesario reducir los

contenidos y, en consecuencia rebajar los niveles de exigencia olvidando que las capacidades intelectuales también hay que desarrollarlas. Por el contrario, la escuela privada emerge en este contexto como una educación sólida adecuada al mundo competitivo con el que se va encontrar el alumno. La pregunta es inevitable ¿si la escuela pública es la garante de la integración social y la igualdad de oportunidades, es el modelo comprensivo la mejor manera de lograr estos objetivos? La comprensividad se presenta, en consecuencia, como una opción de enseñanza que relega la transmisión de conocimientos a un segundo plano a favor de la atención a la vida y a los intereses de los alumnos, pero que en la práctica termina por no transmitir nada y convierte a la escuela pública en el lugar apropiado para entretener a los jóvenes a la espera de su acceso al mundo adulto.

Caos contra orden. La comprensividad asociada a una escuela para la vida que respeta permanentemente los deseos de los alumnos ha generado una sensación de pedagogía blanda contrapuesta al modelo represivo tradicional que nos ha llevado en la escuela pública necesariamente al desorden, al caos, a la indisciplina, es decir, a la imposibilidad de constituir un espacio en el que se pueda transmitir con eficiencia el saber científico y educar y desarrollar ordenadamente las múltiples capacidades del ser humano.

Marginación contra selección. Es cierto que las escuelas públicas y privadas están sujetas a las leyes generales del Estado y que éstas obligan por igual, sin embargo, en la práctica lo que se percibe es que las escuelas privadas tienen la posibilidad de hacer una selección encubierta del alumnado y deshacerse de los estudiantes marginados, inmigrantes... problemáticos en general, mientras los centros públicos son los receptores de esta población estudiantil.

Lo que se deriva de esta opinión pública, obviamente interesada, del desarrollo de la LOGSE es que el modelo comprensivo ha fracasado en España al igual que en su país de origen, Inglaterra. Los supuestos más graves de este fracaso se concretan en relación con los profesores: que éstos rechazan mayoritariamente este modelo y que se hace necesario reforzar urgentemente la figura del profesor, recuperando su autoridad. En relación con los alumnos, se pone de manifiesto, igualmente, que es necesario diferenciar a los alumnos en función de sus aptitudes y actitudes: superdotados, normales, disminuidos, emigrantes y conflictivos. Hay que recuperar el valor del esfuerzo para aprender y crear hábitos de trabajo. La promoción automática aparece en este contexto como la mayor perversidad del modelo comprensivo y es necesario, en consecuencia, poner filtros; es necesario desterrar el símbolo del modelo comprensivo de enseñanza: “*se pasa igual para que me voy a esforzar*” ...

Todo ello parece indicarnos que el logro social alcanzado con una educación obligatoria hasta los 16 años, que en el caso de las Matemáticas se convierte en Matemáticas para todos, es un craso error.

Es, en este ambiente, donde la Ley Orgánica de Calidad de la Educación (MEC, 2002) aparece con criterios diferentes que pretenden corregir las disfunciones anteriores. Bajo el lema: “No al modelo comprensivo” pretende acabar con el denominado fracaso escolar; en consecuencia, articula procedimientos destinados a este fin: separar los alumnos más torpes y los superdotados de los grupos estándar, establecer itinerarios educativos, establecer controles de calidad externos como la Reválida, recuperar el sentido utilitarista del conocimiento matemático en detrimento de los valores formativos de la educación matemática, establecer cortes diferenciadores en la población estudiantil con

anterioridad, por ejemplo, a los trece o catorce años, organizar desde la Secundaria Obligatoria la mano de obra de este país (inmigrantes, conflictivos, disminuidos,...)...

Comentamos a continuación los resultados obtenidos por alumnos de diferentes edades en distintas pruebas de Matemáticas nacionales e internacionales.

2. Resultados obtenidos en Matemáticas por alumnos de 12 años

Si tomamos como ejemplo los informes de 1995 y 1999 del Instituto Nacional de Calidad y Evaluación (INCE) sobre los resultados obtenidos en Matemáticas por alumnos de doce años, sexto de EGB (INCE, 1995), y sexto de Primaria (INCE, 1999), es decir, el antepenúltimo curso de la Enseñanza General Básica y el último curso de la Educación Primaria, encontramos, con ligeras diferencias, que los alumnos de Primaria siguen teniendo en matemáticas las mismas dificultades que las que tenían los alumnos de E.G.B.

Es cierto que estas deficiencias que presentan estos alumnos en Matemáticas son muy notorias, por ejemplo:

- El 50% de los alumnos considera que el número formado por 5 unidades, 6 decenas y 2 centenas es mayor que el formado por 3 centenas y 2 unidades. El 43% responde correctamente.

- Un 50% de alumnos tiene dificultades para trabajar con números decimales y con porcentajes, y casi las tres cuartas partes tienen dificultades para comprender el concepto de fracción y operar con fracciones.

- Más del 60% de los alumnos tiene dificultades para transformar tres unidades diferentes de una misma magnitud en una sola y realizar,

posteriormente, una operación sencilla de suma, resta, multiplicación o división.

Análogos niveles de dificultad se encuentran en los otros bloques de contenidos.

De hecho, la comparación de las dos pruebas anteriores además de constatar nuevamente las dificultades que presentan nuestros alumnos en el aprendizaje de las Matemáticas en esta etapa educativa, nos muestra, sin embargo, que, globalmente, los alumnos de sexto de Primaria en 1999, mejoran en sus aciertos en Matemáticas en relación con los resultados que obtenían los alumnos de sexto de E.G.B. en 1995, aunque esta mejora no es ciertamente significativa y supone de hecho pasar de un 58% de aciertos en la primera prueba a un 59% de aciertos en la segunda.

Del mismo modo, la comparación de estas pruebas muestra también que los centros públicos han experimentado una cierta mejoría en relación con los centros privados en las tres áreas objeto del estudio: Lengua Castellana y Literatura, Matemáticas y Conocimiento del Medio.

Resultados obtenidos en Matemáticas por alumnos de 13 y 14 años

Comentamos ahora dos estudios internacionales sobre competencias en Matemáticas de alumnos de 13 y 14 años en los que participó España.

En el primer caso se trata de una prueba realizada en 1988 con alumnos de trece años en la que participaron cinco países, entre ellos España, y cuatro provincias canadienses. La prueba consta de 63 preguntas que debían contestar en 45 minutos, extraídas de una propuesta hecha por el National Assessment of Educational Progress (NAEP) de los Estados Unidos. La habilidad media en Matemáticas se expresa mediante una escala que va de 0 a 1000, con una media de 500 y una desviación típica de 100. España se sitúa en torno a la media 511.7 (4.6), frente a Corea que ocupa el punto más alto con 567.8 (2.7) y Estados Unidos se sitúa en el punto más

bajo 473.9 (4.5). En España, el 99% de los alumnos de esta edad realiza operaciones de sumar y restar números naturales, el 91% realiza problemas simples de un solo paso, el 57% problemas aritméticos de dos pasos y solo el 12% está en disposición de entender los conceptos propios de este nivel educativo (séptimo de E.G.B.) (Lapointe, Mead y Philips, 1989).

En el segundo caso se trata de un estudio más amplio de siete años de duración (1991-1997) realizado por The International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). España participó en el año 1995, en el Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencias (Third International Mathematics and Science Study), brevemente TIMSS, con alumnos de 13 y 14 años (7º y 8º de EGB) con otros 41 países más. Los resultados de España se sitúan en esta ocasión por debajo de la media, el porcentaje internacional de aciertos en 8º de EGB es de 55% y en 7º es de 49%, mientras que en España son de 51% y 42%, respectivamente (López y Moreno, 1997 y 1998). Se constata nuevamente las dificultades en Matemáticas que presentan los alumnos de estas edades.

Resultados obtenidos en Matemáticas por alumnos de 15 años

Comentamos en este apartado brevemente un estudio en el que también participó España con alumnos de 15 años, llevado a cabo en el año 2000 por el Proyecto Internacional para la Producción de Indicadores de Resultados Educativos de los Alumnos, conocido como proyecto PISA de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). España, con 491 puntos, se sitúa en relación con la cultura matemática por debajo de la media que está en torno a los 500 puntos; en los primeros lugares figuran Japón y Corea con 557 y 547 puntos, respectivamente. Nuevamente se constatan las dificultades de los alumnos para la adquisición del conocimiento matemático, ya que un 20% no alcanza el nivel mínimo y sólo un 9% alcanza el nivel de excelencia, NCES (2001).

Habilidades básicas en Matemáticas de alumnos que inician los estudios de Magisterio

Comentamos bajo este epígrafe un estudio sobre las habilidades básicas en Matemáticas de alumnos que inician los estudios de Magisterio (Hernández, Noda, Palarea y Socas, 2003). Este estudio, realizado en su segunda parte a nivel nacional, constituye un buen ejemplo de las habilidades básicas en Matemáticas que tienen los alumnos después de cursar los estudios de Bachillerato LOGSE o BUP y COU (Ley General de Educación), pues se comparan los resultados obtenidos por estos dos grupos de alumnos. Consiste en el análisis de una Prueba con preguntas acerca de conocimientos matemáticos que permite detectar habilidades básicas en Matemáticas y un Cuestionario con preguntas acerca de la situación personal y académica de los alumnos. En la segunda parte de esta investigación participan 883 alumnos, que cursan por primera vez la asignatura de Matemáticas en las distintas especialidades del Título de Maestro, de varias universidades del País (Extremadura, Granada, Huelva, La Laguna, Las Palmas de Gran Canaria, Murcia y Zaragoza).

Aunque el objetivo final del trabajo es valorar los datos obtenidos con el fin de mejorar el programa de Matemáticas básico que se imparte en todas las especialidades del Título de Maestro, también podemos obtener conclusiones respecto a los conocimientos matemáticos básicos que poseen los alumnos que acceden a la universidad para cursar los estudios de Magisterio.

De esta manera, en relación con los bloques de contenidos tratados: Números y operaciones, Medida, Geometría, Análisis de datos, Estadística y Probabilidad y Resolución de problemas, el estudio muestra diferentes resultados que resumimos brevemente:

En el bloque de Números y Operaciones, los alumnos presentan

grandes dificultades en los problemas relacionados con la proporcionalidad, así como en la realización de cálculos básicos en los distintos campos numéricos (fracciones, decimales, ...). Los errores observados relacionados con la proporcionalidad son debidos especialmente a las deficiencias por parte del alumnado en el razonamiento proporcional y a las dificultades operatorias que se originan al plantear las situaciones de reparto proporcional.

En el bloque de Medida se observa que los alumnos presentan confusión en los conceptos de longitud de un segmento, perímetro, área y volumen, con dificultades en la asignación de las unidades correctas. Se encuentran situaciones en las que los alumnos afirman que dos segmentos o un segmento rectilíneo y un arco de curva tienen la misma longitud cuando sus extremos se encuentran alineados, en este caso se obtienen peores resultados que los encontrados por el Proyecto de Conceptos de Matemáticas y Ciencias en Educación Secundaria (CSMS), (Hart, 1981). Estos errores tienen consecuencias importantes; por ejemplo, dejar sin significación el Teorema de Pitágoras al considerar que la hipotenusa tiene la misma longitud que un cateto.

La confusión entre área y perímetro ha sido puesta de manifiesto en numerosas investigaciones anteriores. En esta investigación se ha detectado mayor dificultad en el cálculo del perímetro que en el del área; por ejemplo, les confieren el mismo perímetro a dos figuras por el hecho de tener la misma área.

En el bloque de Geometría, los resultados muestran que los alumnos tienen errores en diferentes conceptos geométricos referidos a polígonos, ejes de simetría... Se observan, por ejemplo, dificultades en el reconocimiento de ángulos en un triángulo, después de un determinado movimiento; podría tratarse de problemas de visualización.

En el bloque de Álgebra obtienen mejores resultados que en los otros bloques, aunque siguen siendo deficientes, en esta situación siguen apareciendo errores relacionados con la interpretación de las letras, uso de paréntesis, etc., y con procedimientos, tales como sacar factor común, uso de la propiedad distributiva, reglas de los signos, operaciones entre monomios, etc.

El bloque de Análisis de datos, Estadística y Probabilidad muestra como los alumnos tienen dificultades para interpretar y resolver problemas sencillos sobre Probabilidad, así como para interpretar y representar gráficas y códigos.

La Resolución de problemas nos muestra que alumnos de 18 años tienen todavía la tendencia a operar con los datos del problema, sin mostrar una clara comprensión del enunciado y sin identificar las relaciones conceptuales que se dan entre los datos, y a dar muchas veces soluciones que no pueden ser válidas para las condiciones del problema, lo que evidencia también una falta de pensamiento crítico.

En este estudio, los bloques de “Números y operaciones” y “Medida”, son los que plantean mayores dificultades a los alumnos.

Este estudio sigue mostrando las enormes deficiencias que presentan los alumnos en conocimientos básicos en Matemáticas, pero no se encuentran diferencias significativas respecto a sus conocimientos básicos y los errores que cometen, según su procedencia curricular (Bachillerato LOGSE o COU), e incluso según la modalidad: Letras o Ciencias.

Estas breves referencias a diferentes evaluaciones nacionales e internacionales muestran que los resultados obtenidos en Matemáticas son ciertamente modestos y todos ellos están en consonancia entre las diferentes evaluaciones realizadas en dicha materia en los últimos veinte

años. Hemos de señalar, en aras de la verdad, que estos preocupantes niveles de dificultad que presentan los alumnos en Matemáticas constituyen un grave problema de nuestro Sistema Educativo que se ha ido arrastrando a lo largo de las diferentes reformas educativas.

3. Formación inicial del profesorado de Matemática de Educación Secundaria en la universidad española

En este apartado, sobre la formación inicial del profesorado de Matemática de Educación Secundaria, vamos a tomar en consideración para su análisis diferentes aspectos de la fenomenología de Peirce (1839-1914) que nos va a permitir estudiar las distintas situaciones problemáticas de naturaleza didáctico-matemática que se generan.

Comenzamos con unas breves referencias sobre la perspectiva fenomenológica de Peirce. El autor, a partir de la Lógica, concebida como ciencia del lenguaje, presenta la elaboración de una ciencia de los signos y de las significaciones que denomina Semiótica, que le permite analizar dentro del marco semiótico que construye, las nociones de la Lógica, de las Matemáticas, de la Física, etc. En este sentido, se tomarán en consideración algunas de sus ideas para analizar y comprender cuestiones que tienen que ver con el conocimiento profesional y con la formación del profesorado de Matemáticas de la Educación Secundaria.

El análisis se realiza a partir de las situaciones problemáticas o fenómenos didácticos matemáticos situados en el sistema didáctico, considerados desde la perspectiva lógico-semiótica que propone Peirce.

Al considerar el diseño y el desarrollo de un plan de formación inicial para el profesorado de Matemáticas de Educación Secundaria debemos tener en consideración múltiples aspectos, pero, en particular, dos aparecen como especialmente relevantes:

- La formación matemática de los futuros profesores.

- La escasa formación didáctica específica con la que inician sus trabajos profesionales, formada por los conocimientos, teorías implícitas, valores y creencias previas que han ido forjando como consecuencia de sus experiencias como alumnos de Matemáticas, supone en muchas ocasiones un obstáculo para encauzar correctamente muchos aspectos del pensamiento profesional.

Igualmente, dos son las situaciones problemáticas que debemos abordar como prioritarias:

- Caracterizar el conocimiento didáctico-matemático como parte del conocimiento profesional que debe poseer un profesor competente de Matemáticas en la Educación Secundaria.

- Proponer procedimientos de enseñanza/aprendizaje para la construcción de este conocimiento didáctico-matemático, tomando como referencia lo que sabemos acerca de cómo el alumnado de Enseñanza Secundaria construye su propio conocimiento.

Para abordar estas situaciones problemáticas desde la perspectiva fenomenológica apuntada es necesario determinar en el Sistema Didáctico los diferentes elementos que caracterizan el contexto, los referentes y los significados asociados a estas situaciones problemáticas.

En el marco de este enfoque, las razones que justifican esta elección están, entre otras, en considerar que todo fenómeno didáctico matemático necesita tener en cuenta un contexto para determinar a qué se refiere, es decir, se necesita una referencia contextual, en la que el contexto determina la cualidad del fenómeno o situación problemática. Análogamente, todo fenómeno didáctico o situación problemática remite a un conjunto de objetos, el referente, que está constituido por cada uno de los elementos de dicho conjunto. El referente determina la relación real del fenómeno con los objetos. Finalmente, el significado estará formado por las descripciones

asociadas a las relaciones que se dan en el conjunto de objetos a los que remite el fenómeno o la situación problemática.

En nuestro trabajo consideraremos los contextos sociocultural e institucional; en el primero, analizaremos el perfil del profesorado de Matemáticas en la Educación Secundaria, y en el segundo la formación inicial del profesorado de Matemáticas de Educación Secundaria en la Universidad.

En relación con los referentes vamos a tomar en consideración al alumnado, al conocimiento profesional y a la estructura y organización del conocimiento didáctico matemático.

Los significados estarán descritos en términos de cómo se debe entender la construcción del conocimiento didáctico matemático, y, en consecuencia, la formación de profesores de Matemáticas.

La primera pregunta que surge de inmediato es: ¿qué profesional de la educación matemática es deseable?

El análisis de la reforma educativa nos conduce a que ésta requiere un profesorado capaz de abordar los nuevos cambios curriculares que suponen, de hecho, enfrentarse a nuevas tareas. Estos cambios en los currículos de Matemáticas son comunes a muchos países, y entre los nuevos objetivos podemos indicar:

- Preparar a los estudiantes para una función social: análisis de procesos e interpretación de resultados.

- Preparar a los estudiantes para una educación futura: necesidad de unas Matemáticas aplicadas a las distintas áreas (Biología, Economía, Física, etc.).

- Desarrollar una nueva visión de la enseñanza y del aprendizaje: los estudiantes aprenden por sí mismos.

- Tratar nuevos conocimientos matemáticos: grafos, matrices, problemas de optimización, análisis exploratorio de datos, etc.

- Usar nuevas tecnologías que han dado un impulso diferente al área: programas de ordenador y calculadoras gráficas, entre otros. (De Lange, 1993)

Todo ello implica cambios significativos en la formación del profesorado de Matemáticas que pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Formación científica y didáctica adaptada a este nuevo cambio curricular.

- Capacitación para trabajar con alumnos que presenten un alto grado de heterogeneidad en destrezas básicas, intereses y necesidades.

- Cambio de actitudes en el profesorado para que desarrolle los aspectos formativos de la docencia, adopte planteamientos flexibles y profundice en una visión más interdisciplinar de la cultura.

- Concepción del currículo como un instrumento de investigación que permita el desarrollo de métodos y estrategias de concreción y adaptación.

- Valoración y ejercitación del trabajo en equipo, así como el desarrollo de una sólida autonomía profesional (Camacho, Hernández y Socas, 1998).

Estos cambios significativos requieren potenciar, desde la formación inicial, aquellas capacidades que los hacen posible: profesional reflexivo y abierto a las innovaciones (entendidas como mejora en la práctica diaria y en su formación como profesor), entusiasta y comunicativo, comprometido, crítico y constructivo con las propuestas educativas, que vea a sus alumnos como seres provistos de conocimiento y que asuma como necesario el conocimiento profesional como condición necesaria para su actividad.

Nuestra experiencia profesional en la formación inicial de este profesorado nos permite establecer una serie de características comunes a la gran mayoría de alumnos, en relación con los estudios realizados:

(1) Las concepciones y actitudes, de los futuros profesores de Enseñanza Secundaria hacia la Matemática y su enseñanza, muestran que estos no creen mayoritariamente en aspectos importantes de la actual reforma, como son: Matemáticas para todos, creatividad, Resolución de problemas, generación de conjeturas y comprobaciones antes de la prueba, construcción del conocimiento matemático, entre otros (Camacho, Hernández y Socas, 1994, 1995).

(2) Los Licenciados en Ciencias y los estudiantes del último curso de la Licenciatura de Matemáticas mantienen un estado de opinión equivalente en relación con los tres ejes objeto de estudio: “La Matemática como ciencia objeto de estudio”, “El papel de la Matemática en la sociedad” y “La enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas”.

(3) Los Licenciados en Ciencias y los estudiantes del último curso de la Licenciatura de Matemáticas se alejan del perfil del profesor propugnado por la reforma educativa, dándose un aparente dilema entre las concepciones sobre la Matemática y sus ideas acerca de lo que debe ser su enseñanza, que formulan en forma de obstáculo cognitivo.

Estos resultados parecen indicar la necesidad de implantar programas de actuación en la formación del profesorado de Matemáticas en Secundaria que faciliten cambios en sus concepciones y actitudes hacia la Matemática, para afrontar con éxito estas innovaciones curriculares, pero estos programas pueden ser similares para los diferentes Licenciados en Ciencias que optan por ser profesores de Matemáticas de Secundaria (Camacho, Hernández y Socas, 1998).

Si tomamos ahora como referencia opiniones y resultados de diferentes autores, encontramos que la formación de profesores de

Matemáticas necesita una reflexión no sólo sobre los objetivos y los contenidos de sus programas, sino también sobre los procesos de formación (Simon, 1994).

García (2000) señala, respecto a los instrumentos teóricos que ayudan a definir un currículo de Matemáticas en la formación inicial del profesorado, que éstos deben ocuparse de dos dimensiones: el conocimiento profesional del profesor y el aprendizaje del profesor.

Entre las posiciones que se mantienen, de manera general, acerca del conocimiento profesional del profesor de Matemáticas, la más aceptada sostiene que: “La competencia profesional del profesor debe adquirirse a través de diferentes dominios científicos (Matemáticas, Ciencias de la Educación y Didáctica de las Matemáticas)” (Boero et al., 1996).

Entre las categorías del conocimiento profesional del docente encontramos, como señala Shulman (1986): “Conocimiento de la materia específica”, “Conocimiento de contenido pedagógico” y “Conocimiento curricular”. En su trabajo destaca, por primera vez, la importancia de la materia específica objeto de enseñanza en la formación del profesorado.

Y desde la perspectiva del trabajo que debe desarrollar un profesor de Matemáticas, Llinares (1994) y Llinares et al. (2000), han identificado también diferentes componentes, de las que derivan dominios del conocimiento base, necesarios para enseñar Matemáticas y que deben ser tenidos en cuenta en los programas de formación: “Conocimiento de Matemáticas”, “Conocimiento sobre el aprendizaje de las nociones matemáticas” y “Conocimiento del proceso instructivo”.

Si retomamos de nuevo el enfoque lógico semiótico y consideramos la tríada didáctica básica como el referente de la actividad didáctica, encontramos criterios para identificar los conocimientos del profesor de Matemáticas que debe actuar con garantías en el microsistema educativo.

Éstos derivan en consecuencia de los elementos y relaciones de dicho microsistema.

En síntesis, el análisis fenomenológico nos conduce a considerar el tipo de conocimiento que debe poseer un profesional de la enseñanza de la Matemática en relación con el contexto: conocimiento acerca de los aspectos sociales, culturales e institucionales. Debemos señalar, especialmente, que en los conocimientos culturales, el conocimiento de la cultura matemática es obviamente imprescindible, en su forma de conocimiento actual. En relación con los referentes destacar: el conocimiento matemático curricular, el alumno como discente, y el profesor como docente. Y en relación con el significado, éste está caracterizado por las tres relaciones básicas que desde esta perspectiva lógico-semiótica hemos denominado: 1): “Aprendizaje de la matemática escolar como cambio conceptual”, 2): “Adaptación del contenido matemático curricular en materia para enseñar”, y, 3): “Interacciones”.

Este análisis nos conduce a un grupo de seis núcleos de conocimientos organizados que se deben considerar desde el Área de Didáctica de la Matemática como parte integrante del conocimiento profesional del profesor de Matemáticas:

1) “Conocimiento matemático”, entendido en sentido general, tal y como se desarrolla habitualmente.

2) “Conocimiento matemático curricular”, entendido en sentido epistemológico, fenomenológico y de aplicabilidad de los contenidos matemáticos curriculares de una etapa educativa.

3) “El Currículo de Matemáticas”, o conjunto de conocimientos relativos al currículo de Matemáticas en la Educación Secundaria según las dimensiones y niveles.

4) “Aprendizaje de la Matemática escolar como cambio conceptual”, o “cognición matemática”, referido, principalmente, a las características y a

las peculiaridades del pensamiento matemático y de las competencias cognitivas del alumnado de Secundaria, en los diferentes contenidos matemáticos.

5) “Adaptación del contenido matemático curricular en materia para enseñar”, es decir, la planificación y gestión de los procesos de enseñanza/aprendizaje.

6) “Prácticas de enseñanza” o “interacción”, que se caracteriza como la relación que completa y da sentido global a la situación problemática, y, en consecuencia, asume un protagonismo especial en la construcción del conocimiento profesional.

Estos seis núcleos de conocimientos, no pueden entenderse como conocimientos separados, ya que desde el punto de vista de la enseñanza/aprendizaje tendrían un significado limitado; por el contrario, el estudio de los contenidos de un núcleo se relaciona necesariamente, con los demás, y adquieren plenamente significado en la prácticas docentes.

El análisis fenomenológico realizado contempla, en su mayor parte, el tipo de conocimiento que los diferentes autores referenciados han ido mostrando como parte integrante del conocimiento profesional.

Construir el conocimiento didáctico matemático por parte del futuro profesor es situarse en él como aprendiz; en este sentido, las teorías de aprendizaje de las Matemáticas pueden adaptarse con éxito al aprendizaje del profesorado de Matemáticas, ya que tanto las Matemáticas como la Educación Matemática implican actividades de resolución de problemas no rutinarios, por lo que los mecanismos que producen el aprendizaje podrían tener semejanzas (Simon, 1994).

En las investigaciones de corte cognitivo sobre el papel que desempeña el modelado de estrategias específicas que realizan los profesores para que aprendan los alumnos, encontramos dos ámbitos diferenciados:

El primero muestra que el modelado es necesario cuando la instrucción consiste en enseñar estrategias específicas y éstas no son directamente accesibles por los alumnos sin una instrucción explícita (Schoenfeld, 1985).

En el segundo se sitúan los alumnos con sus conocimientos informales y sus estrategias intuitivas de resolución de problemas matemáticos que pueden constituir la base para desarrollar importantes conceptos matemáticos a partir de la exploración de situaciones reales complejas sin necesidad de la instrucción directa (la instrucción cognitivamente guiada (CGI), Carpenter y Fennema, 1992; la Matemática realista, Streefland, 1991; Gravemeijer, 1994).

Podemos considerar un tercer ámbito que emerge de la necesidad cada vez mayor de considerar la influencia de la cultura y el contexto, además de las interacciones con otras personas en la construcción del conocimiento.

El estudio del aprendizaje en la clase ha pasado de centrarse enteramente en el conocimiento construido por el individuo a hacerlo desde la perspectiva social, que tiene en cuenta, por un lado, las prácticas sociales y culturales, y, por otro, el modo en que los individuos construyen el conocimiento en entornos sociales mediante la negociación de los significados (Cobb, 1994).

Este planteamiento ha supuesto un desplazamiento de las explicaciones estrictamente psicológicas de la enseñanza/aprendizaje al análisis que se inspira en la Antropología y Sociología. Desde esta perspectiva, todo aprendizaje es situado y debe ser comprendido en términos del entorno en que se halla inmerso.

Optamos por un modelo cognitivo del aprendizaje que permita a los alumnos participar en la construcción del conocimiento didáctico

matemático a partir de situaciones problemáticas que puedan ser abordadas desde los tres ámbitos anteriores.

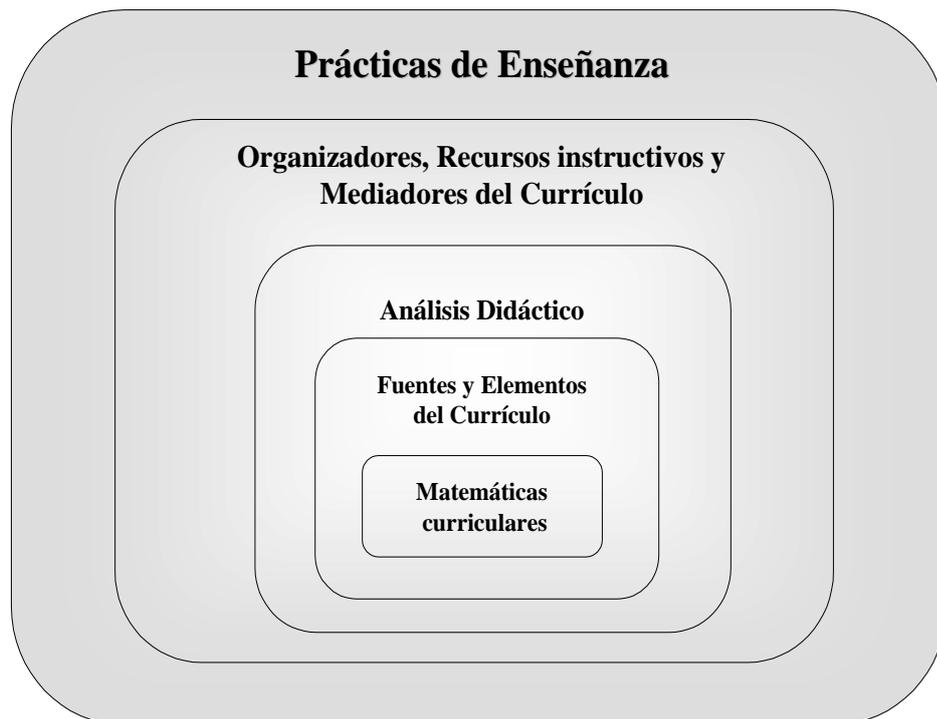
Esta propuesta tiene como referentes: los conocimientos previos, la construcción individual del conocimiento (el conflicto cognitivo), la construcción social del conocimiento (el conflicto sociocognitivo), y la resolución de problemas.

Las propuestas metodológicas deben conjugar aspectos de diferentes aproximaciones que se siguen en la formación del profesorado de Matemáticas (Boero et al., 1996):

- Discusión sobre materiales seleccionados ya sean desde la investigación o de otras experiencias de clases.
- Discusión y resolución de problemas profesionales derivados de las clases de Matemáticas.
- Resolución de problemas de Matemáticas, que supone experimentar lo que significa el aprendizaje constructivo de las Matemáticas y las dificultades que implica.

De esta propuesta de formación de profesores de Matemáticas surgen, al menos, tres tipos de asignaturas diferenciadas que deben ser consideradas desde el Área de Didáctica de la Matemática: Matemáticas Curriculares, Didáctica de las Matemáticas y Prácticas de enseñanza.

Para facilitar un acercamiento al conocimiento didáctico-matemático, se deben organizar programas que respondan a un esquema que contemple desde la globalidad general del currículo, a la totalidad organizada de un contenido curricular, como queda reflejado en el diagrama que sigue:



Consideraciones finales

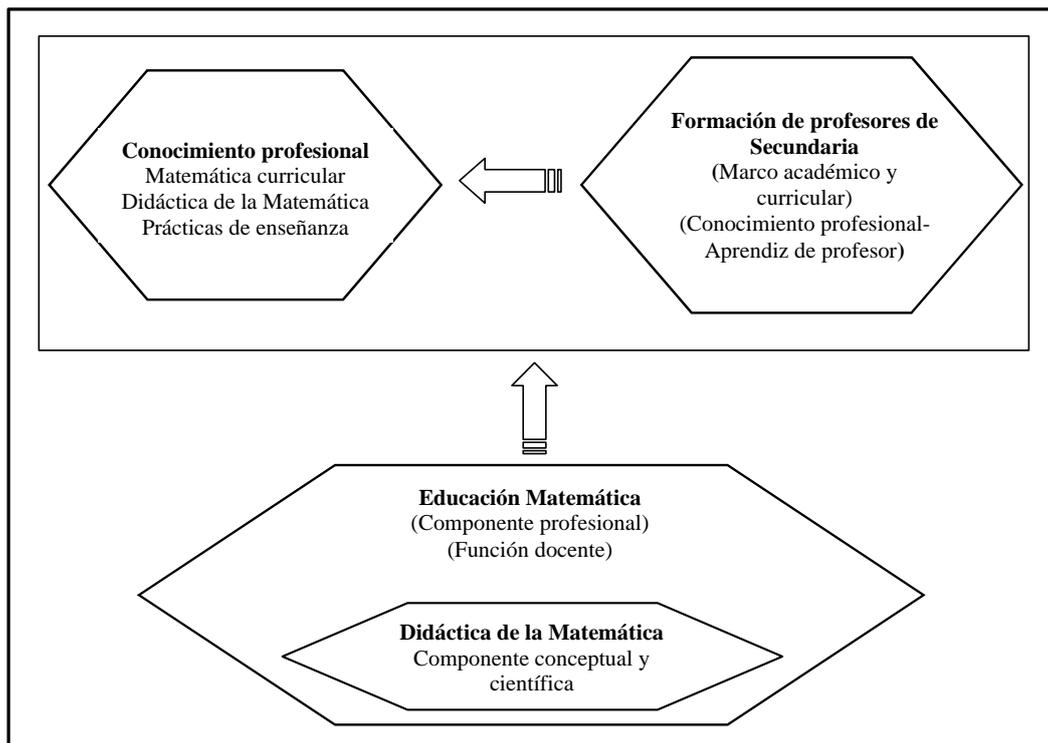
Parece razonable partir del presupuesto de que el desarrollo de la LOGSE está condicionado especialmente por la extensión de la Educación Obligatoria hasta los 16 años y lo que supone un cambio profundo en el funcionamiento del Microsistema Educativo, que afecta a todos los elementos que lo conforman, particularmente a los elementos: sociocultural e institucional, que contextualizan este microsistema (por ejemplo, cambios operados en la familia y en la vida de los niños y adolescentes,...), y a los referentes de este microsistema: alumnos, profesores y contenidos matemáticos.

Todo ello nos sitúa en una reflexión necesaria sobre el papel cultural y social de la Educación Obligatoria y, en nuestro caso de manera especial, el papel que la cultura matemática debe desempeñar en ella.

Las breves referencias a diferentes evaluaciones nacionales e internacionales son lo suficientemente significativas y nos muestran que los resultados obtenidos en Matemáticas por nuestros alumnos de la Educación Obligatoria son ciertamente modestos y todos ellos están en consonancia entre las diferentes evaluaciones realizadas en esta materia en los últimos veinte años, lo que pone de manifiesto que el problema de su aprendizaje es de más calado que la simple comparación entre un modelo educativo y otro.

Quizás, más que plantearnos la discusión sobre la calidad de la Educación Matemática en términos de comparación de modelos educativos, sería conveniente abordar en profundidad toda la problemática asociada, y que afecta a todas y cada una de las componentes del microsistema educativo, contextos y referentes. Entre todas estas componentes, una emerge con mayor nitidez sobre las demás: la formación del profesorado de la Educación Secundaria, que no ha tenido un tratamiento adecuado en ningún momento de la historia de este país. Es importante, en consecuencia, propiciar, organizar y coordinar la necesaria formación inicial y continua del profesorado. El modelo sobre la estructura y el tipo de formación debería ser, urgentemente, objeto de un debate abierto a todos los implicados: Departamentos de Didáctica de las Matemáticas; Departamentos de Matemáticas; profesores de Matemáticas de los niveles no universitarios, a través las diversas organizaciones existentes; investigadores en Educación Matemática; Sociedades profesionales de Matemáticas, responsables educativos de las Administraciones Públicas, etc.

Un punto de partida para un plan coherente de formación del profesorado de Matemáticas es el que se recoge en el siguiente esquema y que resulta del análisis lógico semiótico propuesto en el apartado anterior:



Referencias Bibliográficas

BOERO, P., et al. (1996). Didactics of Mathematics and the Professional Knowledge of Teachers. En A. Bishop et al. (Eds.), *International Handbook of Mathematics Education* (Part 2, pp. 1097-1121). Dordrecht: Kluwer.

CAMACHO, M., HERNÁNDEZ, J. y SOCAS, M. M. (1994). Curricular and teaching experiences with students of Mathematics. En N. Malara y L. Rico (Eds.). *Proceedings of the First Italian - Spanish Research Symposium in Mathematics Education* (pp. 51-58). Italy: Università di Modena.

CAMACHO, M., HERNÁNDEZ, J. y SOCAS, M. M. (1995). Concepciones y actitudes de futuros profesores de secundaria hacia la Matemática y su enseñanza: Un estudio descriptivo. En L. Blanco y V.

Mellado (Eds.), *La formación del Profesorado de Ciencias y Matemáticas en España y Portugal* (pp. 81-98). Badajoz: Universidad de Extremadura.

CAMACHO, M., HERNÁNDEZ, J. y SOCAS, M. M. (1998). An analysis of future Mathematics teachers' conceptions and attitudes towards Mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, vol. 29 (3), 317-324.

CARPENTER, T. P. y FENNEMMA, E. (1992). Cognitively guided instruction: Building on the knowledge of students and teachers. *International Journal of Research in Education*, 17, 457-470.

COBB, P. (Ed.) (1994). *Learning Mathematics. Constructivist and Interactionist Theories of Mathematical Development*. Dordrecht: Kluwer.

CONTRERAS, L. C. Y BLANCO, L. J. (2001). ¿Qué conocen los maestros sobre el contenido que enseñan? Un modelo formativo alternativo. *Congreso Nacional de Didácticas Específicas*. Granada.

CRESPO, R. y otros (2001). Sobre la situación de la enseñanza de las Matemáticas. *Gaceta*, 500-5009. RSME.

DE LANGE, J. (1993). Between end and beginning. Mathematics education for 12-16 year olds: 1987-2002. *Educational Studies in Mathematics*, 25, 137-160.

GARCÍA, 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 C. Corral y E. Zurbano (Coordinadores), *Propuestas metodológicas y de evaluación en la formación inicial de los profesores del área de Didáctica de las Matemáticas*. Departamento de Estadística, Investigación Operativa y Didáctica de la Matemática. Universidad de Oviedo.

GRAVEMEIJER, K. (1994). *Developing realistic Mathematics Education*. Utrecht: Freudenthal Institute.

HART, K. M. (Ed.) (1981). *Children's Understanding of Mathematics: 11-*

16. John Murray. London.

HERNÁNDEZ, J., NODA, A., PALAREA, M. M. y SOCAS, M. M. (2003). “Habilidades básicas en Matemáticas de alumnos que inician los estudios de Magisterio” (Preprint). Dto. Análisis Matemático. Universidad de La Laguna.

ICEC (1996). *Resultados en Matemáticas de 6º de Primaria*. Manuscrito. Instituto Canario de Evaluación y Calidad Educativa. Las Palmas.

INCE (1995). “Evaluación de la Educación Primaria. Lo que aprenden los alumnos de 12 años”.

<http://www.ince.mec.es/prim/matenuop.htm>

INCE (1999). “Evaluación de la Educación Primaria. Fallos y dificultades de los alumnos en la Prueba de Matemáticas”.

<http://www.ince.mec.es>

LAPOINTE, A.E.; MEAD, N.A. y PHILIPS, G.W. (1989). *Un mundo de diferencias. Un Estudio Internacional de Evaluación de las Matemáticas y las Ciencias*. Madrid: MEC-CIDE.

LÓPEZ, J.A. y MORENO, M.L. (1997). *Resultados de Matemáticas. Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencias (TIMSS)*. MEC. Madrid.

<http://www.ince.mec.es/timss/completo.htm>

LÓPEZ, J.A. y MORENO, M.L. (1998). Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencias. Análisis de los resultados españoles en matemáticas. *Suma*, 27, 39-47.

LLINARES, S. (1994a). Profesor de matemáticas. Conocimiento base para la enseñanza y desarrollo profesional. En L. Santaló et al., *La enseñanza de las matemáticas en la educación intermedia* (pp. 296-337). Madrid: Rialp.

LLINARES, S. et al. (2000). Didáctica de las Matemáticas y la formación de profesores de secundaria. *Números*, 43-44, 211-214.

MEC (2002). “Documento de Bases para una Ley de Calidad de la Educación”.

<http://www.mec.es/leycalidad/index.htm>

NCES (2001). *Outcomes of Learning. Results from the 2000 Program for International Student Assessment of 15-Year-Olds in Reading, Mathematics, and Science Literacy*. PISA 2000.

<http://nces.ed.gov/pubs2002/2002115.pdf>

SCHOENFELD, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. New York: Academic Press.

SHULMAN, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.

SIMON, M. A. (1994). Learning mathematics and learning to teach: learning cycles in mathematics teacher education. *Educational Studies in Mathematics*, 26, 71-94.

SOCAS, M. M. (1999). Cambios en el currículo de Matemáticas en la formación inicial del profesorado de Infantil y Primaria. *El Guiniguada*, 8/9, 261-274. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

STREEFLAND, L. (1991). *Fractions in Realistic Mathematics Education. A Paradigm of Developmental Research*. Dordrecht: Kluwer.