

CONOCIMIENTO MATEMÁTICO Y CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL FUTURO PROFESOR ESPAÑOL DE PRIMARIA. RESULTADOS DEL ESTUDIO TEDS-M¹

Spanish preservice primary school teachers' mathematics content knowledge and mathematics pedagogical content knowledge. Results from TEDS-M

Pedro Gómez^a, Araceli Gutiérrez-Gutiérrez^b

^aUniversidad de los Andes, ^bUniversidad de Granada

Resumen

En este documento, profundizamos en el estudio del conocimiento matemático y didáctico manifestado por los futuros profesores españoles que participaron en el estudio TEDS-M. Para ello, describimos el marco teórico propuesto por TEDS-M y proponemos una aproximación alternativa a la conceptualización del conocimiento didáctico del futuro profesor. Describimos el procedimiento metodológico, con el que analizamos las preguntas del cuestionario, que nos permitió caracterizar y detallar los resultados españoles y compararlos con los resultados de los países con programas de formación similares al español. Ejemplificamos estos resultados para el subdominio de números y operaciones y hacemos un análisis crítico del diseño de la prueba.

Palabras clave: *conocimiento didáctico del contenido, Didáctica de la Matemática, formación inicial de profesores, contenido Números, educación primaria, TEDS-M.*

Abstract

In this paper, we delve in the study of the content and pedagogical content knowledge exhibited by the Spanish future teachers that participated in the TEDS-M study. We describe the theoretical framework proposed by TEDS-M and propose an alternative approach to the conceptualization of the pedagogical content knowledge of the future teacher. We describe the method we used for analysing the survey items that allowed us to characterize and detail the Spanish results and compare them with the results of the countries that have teacher education programs similar to the Spanish one. We exemplify these results for the subdomain of numbers and operations and present a critical analysis of the survey design.

Keywords: *mathematics pedagogy; pedagogical content knowledge; preservice teacher education; primary education; TEDS-M.*

ESTUDIO TEDS-M

El estudio TEDS-M (Teacher Education and Development Study in Mathematics) fue el primer estudio internacional comparativo sobre los planes de formación inicial y sobre los conocimientos de los futuros profesores de primaria y secundaria obligatoria al final de su preparación como profesores de matemáticas. El estudio se realizó durante los años 2006-2010. El informe internacional (Tatto, Sharon, Senk, Ingvarson y Rowley, 2012) y el informe español (INEE, 2012) se publicaron en 2012. TEDS-M fue patrocinado por la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (IEA, por sus siglas en inglés). España participó en el estudio para —entre otros objetivos— analizar y caracterizar, sobre una sólida base empírica, cómo era la formación inicial del profesorado de primaria de matemáticas en España; establecer relaciones entre ese conocimiento y las características del plan de estudios en el que habían recibido su formación (1991-2010); y poder realizar comparaciones internacionales (INEE, 2012).

Los resultados españoles sobre el conocimiento matemático y didáctico que se presentaron en el informe internacional de TEDS-M (Tatto et al., 2012, p. 143) y en el informe nacional (INEE, 2012, p. 85) son globales. Desde la perspectiva de los conocimientos evaluados, estos resultados se restringen a la media obtenida por los futuros profesores de primaria españoles —maestros, como se les denomina habitualmente en España— en el conocimiento matemático (481) y didáctico del contenido (492), en relación con una media internacional de 500. Por consiguiente, es necesario caracterizar y describir con mayor detalle el conocimiento manifestado por los futuros profesores de primaria españoles y ubicarlo a nivel internacional.

En este documento profundizamos en esta cuestión. Para ello, describimos y extendemos el marco teórico propuesto por TEDS-M para los dos tipos de conocimiento. En particular, abordamos la caracterización del conocimiento didáctico con base en el modelo del análisis didáctico (Rico, Lupiáñez y Molina, 2013). Proponemos un procedimiento de análisis de las preguntas del cuestionario que nos permite delimitar el conocimiento evaluado y describir, de manera detallada, los resultados obtenidos por los futuros profesores de primaria de matemáticas. Ejemplificamos estos resultados con el subdominio de números y operaciones para el caso de España. Finalmente, hacemos un análisis crítico del cuestionario y de sus guías de corrección.

MARCO TEÓRICO

TEDS-M parte de la premisa de que no existe un acuerdo entre los expertos y los responsables políticos sobre cómo determinar y medir los apartados que se requieren para enseñar bien matemáticas (Ball, Lubienski, y Mewborn, 2001). Para ello, sería necesario llegar a acuerdos sobre, entre otras cosas, la importancia de la materia objeto de conocimiento y su didáctica, la relación entre la teoría y la práctica, lo que los profesores aprenden de la experiencia, las expectativas de aprendizaje de los programas de formación de profesores, y la relevancia del conocimiento previo de los futuros profesores (Schwille y Dembélé, 2007; Tatto, 2007). TEDS-M, siguiendo las ideas de Shulman (1987), consideró que el conocimiento para la enseñanza de las matemáticas tiene dos componentes: el conocimiento matemático y el conocimiento didáctico del contenido. TEDS-M estableció su marco conceptual sobre esta premisa y diseñó un cuestionario que abordaba estos dos tipos de conocimientos por separado (Tatto, Schwille, Senk, Ingvarson, Peck y Rowley, 2008).

Conocimiento matemático

Para evaluar el conocimiento matemático, TEDS-M se basó en el marco conceptual elaborado para TIMSS 2007 (*Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias*) (Mullis, Martin, Ruddock, O'Sullivan, Arora, y Erberber, 2007). El objetivo de la evaluación fue el conocimiento de los futuros profesores de primaria sobre el contenido de las matemáticas escolares. De la misma forma que se realiza en TIMSS, el conocimiento matemático de los futuros profesores se evaluó atendiendo a una dimensión conceptual estructurada en cuatro subdominios —números y operaciones, geometría y medida, álgebra y funciones, y datos y azar— y a una dimensión cognitiva compuesta por tres subdominios —conocimiento, aplicación y razonamiento— (INEE, 2012).

Conocimiento didáctico

La evaluación del conocimiento didáctico no partió de un marco conceptual previamente establecido. TEDS-M organizó este conocimiento en tres subdominios, prestando atención a la dimensión temporal del proceso de enseñanza aprendizaje —curricular, planificación de la enseñanza e implementación de la enseñanza—. La versión inicial del marco conceptual caracterizó cada subdominio en términos de unos temas (Tatto et al., 2008, p. 39) que presentamos en la tabla 1.

Tabla 1. Conocimiento didáctico del contenido matemático en TEDS-M

| Currículo | Planificación | Implementación |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Establecer objetivos de aprendizaje apropiados • Conocer diferentes formatos de evaluación • Establecer itinerarios y conexiones dentro del currículo • Identificar ideas clave en los programas de aprendizaje • Conocer el currículo de matemáticas | <ul style="list-style-type: none"> • Planificar o seleccionar actividades apropiadas • Elegir formas de evaluación • Predecir respuestas típicas de los estudiantes, incluidas las concepciones erróneas • Planificar métodos apropiados para la representación de ideas matemáticas • Vincular los métodos didácticos y los diseños de instrucción • Identificar los diferentes enfoques para resolver los problemas matemáticos • Planificar la enseñanza matemática | <ul style="list-style-type: none"> • Analizar o evaluar las soluciones o los argumentos matemáticos de los estudiantes • Analizar el contenido de las preguntas de los estudiantes • Diagnosticar las respuestas típicas de los estudiantes, incluidas las concepciones erróneas • Explicar o representar los conceptos matemáticos o los procedimientos • Generar preguntas fructíferas • Responder a inesperados problemas matemáticos • Realizar una retroalimentación adecuada |

Fuente: Tatto et al. (2008, p. 39)

Cuatro años más tarde, TEDS-M, en su informe internacional, consideró que los temas que se presentan en la tabla 1 eran solamente ejemplos del subdominio correspondiente (Tatto et al., 2012, p. 131). Por consiguiente, estos listados de temas no proporcionan una caracterización completa de los subdominios establecidos y caracterizan de manera parcial el conocimiento didáctico de un futuro profesor de matemáticas. Por otra parte, y como veremos más adelante, los subdominios propuestos implican una distinción entre la planificación y la implementación que resulta difícil de establecer cuando se evalúa, con un cuestionario, el conocimiento didáctico de futuros profesores.

Las razones anteriores nos indujeron a abordar la caracterización del conocimiento didáctico de los futuros profesores desde otro marco conceptual. Para ello, seleccionamos el modelo del análisis didáctico, como conceptualización de las actividades necesarias para diseñar, llevar a la práctica y evaluar unidades didácticas para un tema de las matemáticas escolares. El modelo del análisis didáctico permite caracterizar el conocimiento didáctico de un profesor de matemáticas (Gómez, 2006). Se organiza en torno a cuatro análisis (de contenido, cognitivo, de instrucción y de actuación) que siguen las dimensiones del currículo (conceptual, cognitiva, formativa y social). Cada análisis se configura alrededor de nociones de la Educación Matemática que denominamos organizadores del currículo. Un organizador del currículo (a) es una noción que forma parte del conocimiento disciplinar de la educación matemática y (b) permite analizar un tema de las matemáticas escolares con el propósito de producir información sobre el tema que sea útil en el diseño, implementación y evaluación de unidades didácticas (Rico, 1997, pp. 45-46). Con el propósito de mantener la terminología utilizada en el informe internacional de TEDS-M en los apartados relativos a la evaluación de los conocimientos, en este trabajo, establecemos los subdominios del conocimiento didáctico en términos de los cuatro análisis del análisis didáctico: contenido, cognitivo, instrucción y evaluación. Cada subdominio se caracteriza en términos de unos temas que corresponden a los organizadores del currículo. El subdominio conceptual se compone de tres temas: los conceptos y procedimientos y las relaciones entre ellos que caracterizan el contenido estudiado (estructura conceptual), las formas de representar ese contenido y las relaciones entre ellas (sistemas de representación) y la organización de los fenómenos que le dan sentido (fenomenología). El subdominio cognitivo está compuesto por tres temas: las expectativas de aprendizaje, las limitaciones de aprendizaje y las oportunidades o hipótesis de aprendizaje. El

subdominio de instrucción incluye las nociones de tarea (con sus diversas componentes —metas, enunciado, materiales y recursos, agrupamiento e interacción—) y de secuencias de tareas (con los procedimientos para establecer su adecuación a las expectativas y limitaciones de aprendizaje). Finalmente, el subdominio de evaluación incluye los instrumentos y procedimientos que permiten evaluar el conocimiento del escolar y la actuación del profesor.

Nos basaremos, cuando presentemos el método, en esta estructura de subdominios y temas para establecer el conocimiento didáctico que evalúan las preguntas del cuestionario de TEDS-M. Por ejemplo, las limitaciones de aprendizaje es uno de los temas del subdominio cognitivo. El cuestionario de TEDS-M incluye varias preguntas de este tema que se refieren específicamente a la capacidad del futuro profesor para reconocer los errores en los que incurren los alumnos. Como ejemplificaremos más adelante, el análisis de estas preguntas dio lugar a un apartado de este tema que hemos caracterizado como “reconocer la dificultad y/o describir el tipo de error en el que incurren los alumnos al realizar una actividad o sus concepciones erróneas sobre un concepto o procedimiento determinado”. Codificamos estas preguntas con este apartado. Realizamos este análisis para todas las preguntas que se refieren al conocimiento didáctico. De esta forma, para cada subdominio, identificamos los apartados que se evalúan en los temas que lo caracterizan.

OBJETIVO Y MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de este estudio es describir y caracterizar el conocimiento matemático y didáctico manifestado por los futuros maestros de primaria españoles que participaron en el estudio TEDS-M. Se trata, por tanto, de una investigación descriptiva cuantitativa a partir de los datos procedentes del cuestionario TEDS-M, de las guías de corrección diseñadas para la corrección de las preguntas y de las respuestas de los futuros profesores participantes al cuestionario.

Muestra

España fue uno de los 17 países que participaron en el estudio. El trabajo de campo siguió el diseño establecido en Tatto et al. (2008). En cada país, se seleccionaron, de manera aleatoria, muestras representativas de las instituciones que ofrecían formación a la población diana de futuros profesores que se estaban preparando para enseñar matemáticas y que se encontraban en su último año de formación. Se seleccionó una muestra aleatoria de 30 futuros profesores de cada institución. Participaron un total de 483 instituciones con sus respectivos programas de formación y 13871 futuros profesores de primaria de matemáticas de esas instituciones (Tatto et al., 2012). La muestra de instituciones españolas estuvo compuesta por 48 instituciones que ofrecían formación inicial a futuros maestros de primaria y 1093 futuros maestros que seguían el programa de formación establecido por el Real Decreto 1440/1991 (MEC, 1991), anterior al actual título de Grado. Dada la diversidad de programas de formación, y para facilitar las comparaciones internacionales, el equipo de TEDS-M identificó rasgos distintivos que distinguen los programas de formación inicial de profesores de primaria de los países participantes y ubicó cada programa en uno de los cuatro grupos establecidos. Los programas de formación de España quedaron incluidos en el grupo 2, junto con programas de formación de China-Taipéi, Singapur, Suiza, Estados Unidos y Filipinas. Estos países coinciden en impartir programas generalistas y preparar a los futuros profesores para dar clase a alumnos de hasta 12 años (INEE, 2012). A continuación, y con base en el marco teórico que presentamos anteriormente, describimos el procedimiento que seguimos para caracterizar el conocimiento matemático y el conocimiento didáctico evaluado por las preguntas del cuestionario.

Caracterización del conocimiento matemático

En este apartado, sintetizamos los pasos del procedimiento que utilizamos para caracterizar el conocimiento matemático manifestado por los futuros maestros españoles en el subdominio conceptual de números en TEDS-M (Gutiérrez-Gutiérrez, Gómez y Rico, en prensa) y lo ejemplificamos con el análisis de una pregunta de ese subdominio.

En primer lugar, seleccionamos y analizamos las preguntas que evalúan el conocimiento matemático en el subdominio de números y operaciones. Este análisis nos permitió determinar, para cada pregunta, el tipo de problema numérico que plantea, los conceptos matemáticos que se trabajan y los conocimientos y capacidades matemáticos implicados en las respuestas correctas e incorrectas de los futuros profesores.

En el segundo paso, caracterizamos cada pregunta según el tipo de subdominio de la dimensión cognitiva —razonamiento, aplicación y conocimiento— que evalúa y el nivel curricular del contenido matemático al que se refiere. Para ello, atendimos a la normativa vigente en España en el momento del estudio para primaria y secundaria (MEC, 2007; MECD, 2004) y caracterizamos los niveles curriculares de los contenidos según los siguientes criterios. Ubicamos en el nivel básico aquellos contenidos previstos en el currículo español de primaria. En el nivel intermedio, incluimos aquellos contenidos previstos en los tres primeros cursos de secundaria. El nivel avanzado incluye los contenidos previstos a partir del cuarto curso de secundaria.

Finalmente, y con base en la caracterización de los conocimientos evaluados en las preguntas —que surge de los pasos anteriores—, interpretamos los resultados de los futuros maestros españoles, con el propósito de describir y caracterizar el conocimiento matemático que ellos pusieron de manifiesto en las preguntas que evaluaban el conocimiento sobre números y operaciones.

Ejemplo de análisis de una pregunta de conocimiento matemático

Presentamos a continuación, como ejemplo del método, el análisis de una pregunta del subdominio conceptual de números y operaciones que describimos en detalle en Gutiérrez-Gutiérrez, Gómez y Rico (en prensa). La figura 1 presenta la formulación de la pregunta tal y como aparece en el cuestionario de TEDS-M.

Una máquina consume 2,4 litros de combustible cada 30 horas de funcionamiento. ¿Cuántos litros de combustible consumirá la máquina en 100 horas si sigue consumiendo combustible al mismo ritmo?

Marque la opción que crea correcta.

- A. 7,2
- B. 8,0
- C. 8,4
- D. 9,6

Figura 1. Pregunta sobre proporcionalidad directa

TEDS-M clasificó la pregunta de la figura 1 dentro del subdominio de aplicación de la dimensión cognitiva. La pregunta de la figura 1 propone un problema de proporcionalidad directa entre magnitudes en un contexto de la vida cotidiana. Este contenido matemático se contempla en el primer curso de secundaria en el bloque de aritmética y álgebra. Es de respuesta múltiple y la solución correcta es la opción B.

Para responder correctamente a esta pregunta, el futuro profesor debería tener el conocimiento matemático para reconocer que se trata de un problema de proporcionalidad directa entre magnitudes, en el que hay que averiguar una cantidad desconocida que forma proporción con otras tres cantidades conocidas, así como saber qué operaciones son necesarias para resolverlo y realizarlas correctamente. En este caso, solo se valora el resultado concreto del problema; no se valoran los procedimientos llevados a cabo para lograr este resultado. Con los datos que proporciona la codificación de las respuestas, no podemos saber si los futuros profesores que contestaron de forma incorrecta manifestaron reconocer o no el problema como un problema de proporcionalidad directa entre magnitudes. No obstante, sí podemos identificar, dependiendo de la

opción de respuesta elegida, qué tipo de cálculos hicieron y con qué datos del problema trabajaron. De esta forma, podemos comprobar que los cálculos realizados no coinciden con los necesarios para resolver el problema. En la tabla 2, presentamos, a manera de ejemplo, la caracterización del conocimiento manifestado por los futuros maestros españoles en esta pregunta con base en el análisis anterior.

Tabla 2. Caracterización del conocimiento matemático manifestado en el problema de la figura 1

| % | Respuesta | Conocimientos |
|--------|---------------------|---|
| 77,4 % | Correcta (B) | Reconoció el problema de proporcionalidad directa entre magnitudes y supo resolverlo Operó correctamente con números decimales sencillos |
| 15,7% | Incorrectas (A y D) | No realizó los cálculos adecuados para resolver el problema Solo utilizó uno de los datos que ofrece el problema |
| 6,9% | Incorrecta (C) | El resultado no procede de los datos dados por el problema |

Los resultados de la tabla 2 indican que el 77,4% de los futuros maestros manifestó saber resolver el problema de proporcionalidad directa entre magnitudes, mientras que un 22,6% no supo resolverlo, ya sea porque no realizó los cálculos adecuados, no utilizó los datos proporcionados o el resultado no procede de esos datos. El anterior, es un ejemplo de la forma como analizamos las preguntas e interpretamos los datos que se obtienen de ese análisis. Nuestro objetivo consiste en caracterizar el conocimiento matemático de los futuros profesores españoles con base en el análisis de todas las preguntas.

Caracterización del conocimiento didáctico

TEDS-M elaboró la mayoría de las preguntas que evaluaban el conocimiento didáctico del contenido matemático. El resto de preguntas provenían de otros estudios como *Learning Mathematics for Teaching Projects* (Hill y Ball, 2004) y *Mathematics Teaching for the 21st Century Project* (Schmidt, Blömeke y Tatto, 2011). Sintetizamos a continuación el procedimiento que utilizamos para caracterizar el conocimiento didáctico de las matemáticas escolares manifestado por los futuros maestros españoles y su comparación con los resultados de los futuros profesores de los países de su grupo que participaron en TEDS-M. Este procedimiento consta de los siguientes pasos.

En primer lugar, seleccionamos, analizamos y clasificamos las 22 preguntas que evalúan el conocimiento didáctico de las matemáticas escolares. Para ello, establecimos el conocimiento didáctico concreto evaluado por cada una de ellas de acuerdo con los subdominios, temas y aspectos establecidos en el marco conceptual. Presentaremos más adelante un ejemplo del análisis de una pregunta y la tabla resumen con la clasificación de las preguntas. En segundo lugar, establecimos unos criterios de valoración de las respuestas de los futuros profesores. Para ello, valoramos las respuestas de los futuros profesores a cada pregunta atendiendo a los distintos tipos de respuesta. Por ejemplo, si la pregunta era de respuesta abierta, asignamos el valor 1 si el futuro profesor contestó correctamente, 0 si contestó de forma incorrecta y 0,5 si contestó de forma parcialmente; si la pregunta era de respuesta múltiple compuesta, asignamos el valor 1 si el futuro profesor contestó correctamente todas las opciones de respuesta, 0,5 si contestó correctamente todas menos una y 0 para el resto de los casos (Gutiérrez-Gutiérrez, Gómez y Rico, 2014).

Como último paso, resumimos los datos obtenidos de la valoración anterior a partir del cálculo de parámetros que nos permitieron realizar diversas comparaciones. Tuvimos en cuenta los siguientes parámetros: (a) la media y la desviación típica de cada uno de los países, (b) la media y la

desviación típica del total de países participantes en TEDS-M, y (c) la media y la desviación típica del conjunto de países que forman parte del grupo 2.

Ejemplo de análisis de una pregunta de conocimiento didáctico

En la figura 2, presentamos la formulación de una pregunta que evalúa el conocimiento didáctico de los futuros profesores. Ejemplificamos, para esta pregunta, el procedimiento de análisis que describimos en el apartado anterior.

Jeremy se da cuenta de que cuando introduce $0,2 \times 6$ en la calculadora el resultado es menor que 6, y que cuando introduce $6 : 0,2$ tiene un resultado mayor que 6. Él está perplejo por esto, y le pide a su profesor ¡una nueva calculadora!
 ¿Cuál es la concepción errónea más probable de Jeremy?

Figura 2. Pregunta sobre números decimales

El análisis que realizamos a continuación de la pregunta de la figura 2 nos permitió determinar que la pregunta evalúa el conocimiento didáctico del futuro maestro acerca del subdominio cognitivo, del tema limitaciones de aprendizaje y para el apartado “describir el tipo de error en el que incurren los alumnos al realizar una actividad o sus concepciones erróneas sobre un concepto o procedimiento determinado”.

En primer lugar comprobamos que, en la pregunta de la figura 2, se estudia el conocimiento didáctico de los profesores de primaria en formación sobre el contenido matemático de la multiplicación y división con números decimales. A partir del análisis del enunciado de la pregunta y de la guía de corrección que describimos en detalle en Gutiérrez-Gutiérrez, Gómez y Rico (2014), consideramos que TEDS-M busca evaluar si los futuros maestros conocen una de las concepciones erróneas más frecuentes que tienen los alumnos de primaria sobre multiplicación y división con números decimales: muchos niños extienden su conocimiento de los naturales y lo aplican de manera equivocada a las operaciones con decimales (Castro, 2001, p. 335).

En la tabla 3, presentamos los resultados de los futuros maestros españoles con base en el análisis que hemos hecho de esta pregunta. En la primera columna de la tabla aparece el porcentaje de futuros maestros españoles que corresponde a cada tipo de respuesta —segunda columna—. En la tercera columna, describimos estos resultados en términos de los conocimientos que los futuros maestros españoles pudieron poner en juego.

Tabla 3. Conocimientos manifestados por los futuros maestros españoles en la pregunta de la figura 2

| % | Respuesta | Conocimientos |
|-------|------------------------------|---|
| 22,1% | Correcta | Reconoció el error en el que incurre el alumno |
| 7% | Parcialmente Correcta | Manifestó un conocimiento didáctico parcial: solo reconoció el tipo de error con números decimales bien en la multiplicación o bien en la división pero no en ambas |
| 0,7% | Otras parcialmente correctas | Manifestó cierto conocimiento didáctico sobre los números decimales al expresar otro error frecuente entre los alumnos de primaria como es la falta de comprensión de la notación decimal, en este caso sería ignorar el 0 que hay antes de la coma |
| 35,5% | Incorrectas | No reconoció el error en el que incurre el alumno |

| % | Respuesta | Conocimientos |
|-------|--|--|
| 34,7% | Otras incorrectas: ilegibles, tachadas y en blanco | No es posible determinar que conocimientos pusieron en juego |

Destaca el bajo porcentaje (22,1%) de maestros españoles en formación que es capaz de reconocer el error en el que incurre el alumno, a pesar de estar este tipificado en los manuales de didáctica de la matemática españoles (p. ej., Castro, 2001). Un 35,5% no tiene el conocimiento didáctico necesario para contestar correctamente a esta pregunta y destaca también el 34,7% de respuestas de los futuros maestros españoles que contestaron de forma ilegible o en blanco.

Nuestro objetivo es caracterizar el conocimiento didáctico manifestado por los futuros maestros españoles para el conjunto de preguntas que evaluaban este conocimiento, al analizar todas las preguntas con base en el procedimiento que acabamos de ejemplificar. Mostramos a continuación la clasificación de las preguntas sobre conocimiento didáctico que hemos hecho a partir del análisis de los enunciados y de las guías de corrección.

Clasificación de las preguntas sobre conocimiento didáctico

En la tabla 4, presentamos la clasificación que surge del análisis de las preguntas según el conocimiento didáctico del contenido matemático que evalúa cada una de ellas. La tabla está estructurada en cuatro partes que corresponden a los subdominios del conocimiento didáctico que establecimos en el apartado de marco teórico. Para cada subdominio, indicamos los temas que lo caracterizan. Para cada tema, identificamos los apartados de este tema que son evaluados por preguntas del cuestionario e indicamos el número de preguntas que lo evalúan.

Tabla 4. Clasificación de las preguntas de conocimiento didáctico de TEDS-M

| Tema | Apartado | Nº |
|------------------------------|--|----|
| Conceptual | | |
| Estructura conceptual | Reconocer/ identificar los conceptos, relación de conceptos y procedimientos matemáticos involucrados en la enseñanza-aprendizaje de un tema de las matemáticas escolares y las relaciones entre ellos | 7 |
| Sistemas de representación | Modos de representar conceptos y procedimientos matemáticos en el proceso de enseñanza | 4 |
| Fenomenología | No se evalúa en TEDS-M | |
| Cognitivo | | |
| Expectativas de aprendizaje | No se evalúa en TEDS-M | |
| Limitaciones de aprendizaje | Identificar y distinguir las variables que afectan a la dificultad de un problema | 3 |
| | Reconocer la dificultad y/o describir el tipo de error en el que incurren los alumnos al realizar una actividad o sus concepciones erróneas sobre un concepto o procedimiento determinado | 3 |
| Oportunidades de aprendizaje | No se evalúa en TEDS-M | |

| Instrucción | | |
|---|--|---|
| Funciones y secuencias de tareas | Diseñar tareas o estrategias de enseñanza y aprendizaje que contribuyan al desarrollo de conceptos y procedimientos o a la superación de errores conceptuales por parte de los alumnos | 1 |
| | Justificar estrategias de enseñanza que contribuyan al aprendizaje de conocimientos y procedimientos | 1 |
| Materiales y recursos | No se evalúa en TEDS-M | |
| Gestión del aula | No se evalúa en TEDS-M | |
| Evaluación | | |
| Criterios e instrumentos | Formular cuestiones que permitan evaluar conocimientos y destrezas determinadas | 2 |
| Rendimientos, resultados e interpretación | No se evalúa en TEDS-M | |
| Toma de decisiones | No se evalúa en TEDS-M | |

RESULTADOS

Presentamos a continuación algunos resultados obtenidos para los dos tipos de conocimientos evaluados por TEDS-M para números y operaciones.

Conocimiento matemático

A manera de ejemplo, presentamos en la tabla 5 el conocimiento manifestado por los futuros maestros españoles en las tres preguntas cuyo contenido matemático corresponde al nivel avanzado. En el primer grupo de columnas, aparece el porcentaje de futuros maestros españoles que contestaron de forma correcta o incorrecta. En el segundo grupo de columnas, identificamos el tipo de subdominio de la dimensión cognitiva asignado por TEDS-M. Incluimos en la última columna una descripción de los conocimientos manifestados por los futuros maestros españoles a partir del análisis que hicimos de cada pregunta (Gutiérrez-Gutiérrez, Gómez y Rico, en prensa).

Tabla 5. Caracterización del conocimiento del contenido matemático manifestado en el nivel avanzado

| Porcentaje | | Subdominio cognitivo | | | Descripción |
|---|-----|----------------------|---|---|--|
| Co | I | C | A | R | |
| Cantidad de números decimales entre dos números decimales | | | | | |
| 54% | | ✓ | | | Sabía que entre dos números decimales hay infinitos números decimales |
| | 46% | ✓ | | | Manifestó que entre dos números decimales hay un número finito de números decimales |
| Distinción entre números racionales e irracionales | | | | | |
| 10% | | ✓ | | | Distinguió, de una relación de números, los racionales de los irracionales |
| | 90% | ✓ | | | No distinguió, de una relación de números, los números racionales de los irracionales en todas las ocasiones |

| Porcentaje | | Subdominio cognitivo | | | Descripción |
|------------|-----|----------------------|---|---|---|
| Co | I | C | A | R | |
| | | | | | Reconocer la validez de propiedades del M.C.D. y m.c.m de números naturales |
| 16% | | ✓ | | | Reconoció que el m.c.m. de dos números primos es el producto de los dos números Reconoció que el M.C.D. de dos números es menor que ambos números o igual a uno de ellos. Reconoció que no siempre si se aumenta uno de los números el m.c.m. aumenta |
| | 84% | ✓ | | | No reconoció como ciertas alguna de las tres propiedades anteriores |

Nota: Co = porcentaje de respuestas correctas; I = porcentaje de respuestas incorrectas; C = conocimiento; A = aplicación; R = razonamiento; M.C.D. = máximo común divisor; m.c.m. = mínimo común múltiplo.

Produjimos, para cada nivel curricular al que se referían las preguntas sobre conocimiento matemático —básico, intermedio y avanzado—, una tabla como la que acabamos de presentar. El análisis de esas tablas nos permitió caracterizar el conocimiento matemático manifestado por los futuros maestros españoles en el subdominio de números y concluir que ellos mostraron tener el conocimiento matemático correspondiente a los contenidos de primaria que tendrán que enseñar en un futuro, pero que manifestaron limitaciones para los contenidos escolares correspondientes al primer ciclo de secundaria, en particular para el trabajo con los conceptos razón/proporción/porcentaje y la traducción de operaciones con fracciones sencillas en problemas verbales. Con respecto a los contenidos correspondientes al nivel avanzado, los futuros maestros españoles evidenciaron carencias en su conocimiento, aunque manifestaron conocer la propiedad de la densidad en el conjunto de los números racionales (Gutiérrez-Gutiérrez, Gómez y Rico, en prensa).

Conocimiento didáctico

Presentamos, en la tabla 6, un resumen de los datos sobre el conocimiento didáctico del contenido de los futuros maestros españoles para números y operaciones, de acuerdo con los procedimientos que describimos en el apartado de método. Incluimos en la última columna de la tabla el porcentaje de futuros maestros españoles que contestaron correctamente cada una de las preguntas que evaluaban el conocimiento didáctico sobre números y operaciones. Seguimos el esquema de subdominios, temas y apartados que propusimos en la tabla 4. La penúltima columna indica el contenido matemático al que se refiere cada pregunta. Estos resultados se pueden consultar con mayor detalle en Gutiérrez-Gutiérrez, Gómez y Rico (2014).

Tabla 6. Porcentaje de respuestas correctas de conocimiento didáctico para números y operaciones

| Tema | Apartado | Cont | % |
|----------------------------|---|------|------|
| Subdominio conceptual | | | |
| Estructura conceptual | | | |
| | Reconocer/identificar los conceptos, relación de conceptos y procedimientos matemáticos involucrados en la enseñanza-aprendizaje de un tema de las matemáticas escolares y las relaciones entre ellos | OF | 33,3 |
| | | AR | 30,6 |
| Sistemas de representación | | | |
| | Modos de representar conceptos y procedimientos matemáticos en el proceso de enseñanza | RND | 10,9 |
| | | SGF | 39 |

| Tema | Apartado | Cont | % |
|-----------------------------|---|------------|--------------|
| Subdominio cognitivo | | | |
| Limitaciones de aprendizaje | | | |
| | Identificar y distinguir los elementos que afectan a la dificultad de un problema | PA PD | 80,4 59 |
| | Reconocer la dificultad y/o describir el tipo de error en el que incurren los alumnos al realizar una actividad o sus concepciones erróneas sobre un concepto o procedimiento determinado | OND ONM | 22,1 12,6 |

Nota: AR = algoritmos de la resta; Cont = contenido matemático; OF = ordenar fracciones; OND = operaciones con números decimales; ONM = operaciones con números mixtos; PA = problemas aritméticos; PD = proporcionalidad directa; RND = representación de números decimales; SGF = significado gráfico de la división de fracciones

Como se aprecia en la tabla 6, un alto porcentaje de futuros profesores españoles manifestaron capacidad para distinguir los elementos que afectan a la dificultad de los problemas escolares. Los datos ponen de manifiesto que los futuros profesores españoles tienen carencias importantes cuando deben reconocer los errores en los que incurren los alumnos al realizar tareas matemáticas, realizar representaciones gráficas en el proceso de enseñanza-aprendizaje o reflexionar sobre el contenido de las matemáticas escolares y su aplicación a la enseñanza (Gutiérrez-Gutiérrez, Gómez y Rico, 2014).

La tabla 7 ubica los datos anteriores en el contexto internacional, al comparar los resultados españoles con la media internacional y con los datos de los países que formaban parte del grupo 2. Estos datos se obtienen con base en los procedimientos que describimos en el apartado de método. La tabla está compuesta por tres sub-tablas. En la primera sub-tabla, presentamos los datos correspondientes a todas las preguntas que evalúan el conocimiento didáctico para números. En las otras dos sub-tablas, presentamos los datos correspondientes a los subdominios conceptual y cognitivo. Las primeras dos columnas de la tabla identifican el tema y el apartado evaluado para cada subdominio del conocimiento didáctico. En las siguientes seis columnas, presentamos la media y el error típico de España, del conjunto de países que participaron en el estudio y de los países pertenecientes al grupo 2. En las dos últimas columnas, identificamos los países del grupo 2 cuyas medias son estadísticamente superiores o inferiores a la media de España. Por ejemplo, la cuarta fila de la tabla se refiere al apartado que evalúa la capacidad de los futuros profesores para identificar y distinguir las variables que afectan a la dificultad de un problema. Este apartado corresponde al tema limitaciones de aprendizaje del subdominio cognitivo del conocimiento didáctico. En este apartado, España obtuvo una media de 0,7; la media internacional fue de 0,72; la media de los países del grupo 2 fue de 0,69; Singapur, Estados Unidos y Suiza tuvieron una media estadísticamente superior a la de España; y China-Taipéi y Filipinas tuvieron una media estadísticamente inferior a la de España. Estos datos y los demás datos que aparecen en este trabajo deben leerse teniendo en cuenta las limitaciones de participación de Chile, Estados Unidos, Noruega, Rusia, Polonia y Suiza (INEE, 2012, p.136).

Tabla 7. Comparación internacional de los datos sobre conocimiento didáctico en el subdominio de números

| T | A | España | | Internacional | | Grupo 2 | | Me Sup | MeInf |
|------------------------|---|--------|------|---------------|------|---------|------|-----------------------------------|-----------|
| | | Me | E | Me | E | Me | E | | |
| Conocimiento didáctico | | | | | | | | | |
| | | 0,39 | 0,01 | 0,44 | 0,00 | 0,44 | 0,01 | China-Taipéi Singapur Suiza | Filipinas |

| T | A | España | | Internacional | | Grupo 2 | | Me Sup | MeInf |
|-----------------------|-----|--------|------|---------------|------|---------|------|---|---------------------------|
| | | Me | E | Me | E | Me | E | | |
| Subdominio conceptual | | | | | | | | | |
| E | CPM | 0,33 | 0,01 | 0,36 | 0,01 | 0,39 | 0,01 | China-Taipéi Suiza Singapur | EE.UU. Filipinas |
| R | REP | 0,24 | 0,02 | 0,30 | 0,01 | 0,33 | 0,01 | China-Taipéi Singapur Suiza EE.UU. | Filipinas |
| Subdominio cognitivo | | | | | | | | | |
| L | DI | 0,70 | 0,02 | 0,72 | 0,01 | 0,69 | 0,01 | Singapur EE.UU. Suiza | China-Taipéi Filipinas |
| L | RE | 0,23 | 0,02 | 0,31 | 0,01 | 0,32 | 0,01 | Singapur China-Taipéi Suiza | Filipinas |

Nota: A = apartado; CPM = Reconocer/ identificar los conceptos, relación de conceptos y procedimientos matemáticos involucrados en la enseñanza-aprendizaje de un tema de las matemáticas escolares y las relaciones entre ellos; DI = Identificar y distinguir las variables que afectan a la dificultad de un problema; Me: media; E: error típico; Inf = inferior; L = limitaciones de aprendizaje; R = representaciones; RE = Reconocer la dificultad y/o describir el tipo de error en el que incurren los alumnos al realizar una actividad o sus concepciones erróneas sobre un concepto o procedimiento determinado; REP = Modos de representar conceptos y procedimientos matemáticos en el proceso de enseñanza; Sup = superior; T = tema

Como se aprecia en la tabla 7, la media española es inferior a la media de los países del grupo 2, excepto en el apartado del subdominio cognitivo, en el que se evalúa la capacidad de los futuros profesores para identificar y distinguir las variables que afectan a la dificultad de un problema, en el que no hay diferencia significativa. Este es el único apartado en el que la media de España supera ampliamente la media de China-Taipéi. Los datos españoles son inferiores, en todos los apartados considerados, a los resultados de Suiza y Singapur y superiores solo a Filipinas. La media de España no presenta diferencias significativas con la media de Estados Unidos, excepto en el apartado que evalúa la capacidad de los futuros profesores para reconocer e identificar los conceptos involucrados en la enseñanza-aprendizaje de un tema de las matemáticas escolares y las relaciones entre ellos. En este apartado, la media española supera a la estadounidense.

A nivel del conjunto de países del grupo 2, Singapur, Suiza y China-Taipéi son los países que obtienen los mejores resultados para todos los apartados, con excepción del apartado sobre identificar y distinguir las variables que afectan a la dificultad de un problema, para el caso de China-Taipéi.

DISCUSIÓN

Aunque, en el trabajo que venimos realizando, nos hemos limitado a estudiar los resultados que se obtuvieron con los instrumentos propuestos por el estudio TEDS-M, el análisis pormenorizado que realizamos de las preguntas nos ha permitido percibir carencias y limitaciones en el diseño del cuestionario y las guías de corrección. Algunas de estas limitaciones ya han sido identificadas por otros investigadores. En particular, Döhrmann, Kaiser y Blömeke (2014) reconocen, como es usual en cualquier evaluación, que el cuestionario no podía cubrir todo el espectro del conocimiento matemático y didáctico del contenido matemático. Estos investigadores destacan la falta de concreción en la definición del conocimiento matemático y didáctico por parte de TEDS-M. Como

lo pondremos de manifiesto en los párrafos que siguen, este hecho no permite fundamentar apropiadamente la interpretación de los resultados. Por otro lado, ellos también resaltan que el marco teórico y el desarrollo de la prueba se basan en una concepción pragmática de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, propia de los países anglosajones. Esto implica, por ejemplo, que el cuestionario da poca importancia a temas como la argumentación y la prueba que son considerados relevantes en la didáctica europea.

Como hemos visto, la principal dificultad que encontramos a la hora de interpretar los resultados fue la de describir el conocimiento didáctico de los futuros profesores a partir del marco teórico propuesto por TEDS-M. Por esa razón, nos basamos en el modelo del análisis didáctico para conceptualizar el conocimiento didáctico del futuro profesor y establecer el conocimiento didáctico evaluado por cada pregunta. Esta aproximación nos permitió identificar los subdominios y temas del conocimiento didáctico evaluados por las preguntas, distinguir aquellos temas que no se evalúan en la prueba, y resumir y organizar los resultados en términos de esos subdominios, temas y apartados.

El análisis de las preguntas pone de manifiesto la dificultad de establecer el conocimiento didáctico de un futuro maestro independientemente de su conocimiento matemático. Si bien es posible distinguir entre contenido matemático y contenido didáctico matemático, los dos están altamente correlacionados (Krauss et al., 2008; Schilling, Blunk, y Hill, 2007). Hemos comprobado esta limitación del estudio al constatar que, para responder correctamente a la mayoría de las preguntas analizadas, se requiere tanto conocimiento matemático como conocimiento didáctico. Por esta razón, nos planteamos la duda de si algunos futuros profesores, teniendo el conocimiento didáctico requerido, no pudieron responder correctamente algunas preguntas como consecuencia de carencias en su conocimiento matemático.

La diferencia temporal que TEDS-M utiliza para distinguir si una pregunta corresponde a la planificación de la enseñanza o a su implementación implica otras dificultades a la hora de interpretar los resultados. TEDS-M juega con la redacción del enunciado para establecer esta distinción y clasifica las preguntas de manera diferente con el solo hecho de decir “di qué idea matemática está queriendo mostrar un profesor al planificar una actividad ...” o bien “di cuál es la concepción matemática de los alumnos en las distintas respuestas a esta tarea”. En realidad, las dos preguntas pueden requerir el mismo conocimiento, pero TEDS-M las ubica antes y después del proceso de enseñanza y las clasifica en diferentes categorías —planificación e implementación—, atendiendo a los verbos utilizados y a los tiempos verbales que aparecen en los enunciados. Por ello, en el caso de este ejemplo, nosotros clasificamos las dos preguntas en el apartado “conocimiento del contenido de las matemáticas escolares desde la perspectiva de su enseñanza y aprendizaje”, sin distinguir si se refieren a la planificación o a la implementación.

Como es natural en los estudios que, como este, incluyen una proporción importante de preguntas con respuestas múltiples o múltiples complejas, resulta difícil contrastar las conjeturas que formulamos sobre el conocimiento manifestado por los futuros maestros españoles, dado que no disponemos de datos adicionales para analizar si sus respuestas eran realmente indicadores del conocimiento que la pregunta pretendía evaluar. Este es el caso, por ejemplo, de la pregunta representada en la figura 1 en la que un futuro profesor podría haber contestado correctamente o incorrectamente por azar sin poner en juego ningún tipo de conocimiento.

Los resultados que hemos presentado para las preguntas de respuesta abierta se basan en la codificación que surge de las guías de corrección. Estas guías establecen, a través de ejemplos, la intencionalidad de cada pregunta con respecto al conocimiento del futuro profesor. Así, en algunos casos, contestar correctamente a una pregunta según la guía de corrección supone asumir un marco determinado sobre el aprendizaje, como ocurre al ordenar por orden de dificultad los problemas verbales que se resuelven con una sola operación (Gutiérrez, Gómez y Rico, 2012). En otros casos,

se exige un conocimiento en la guía de corrección que no se especifica en el enunciado de la pregunta. Esto ocurre, por ejemplo, en una de las preguntas de geometría, en la que se pide al futuro maestro que proponga una práctica de enseñanza para que el alumno supere la dificultad de no reconocer como triángulo rectángulo el que se muestra en la figura 3. La pregunta se refiere a un triángulo específico. No obstante, la guía de corrección codifica como correctas aquellas respuestas que sean generales y sirvan para el todos los triángulos o al menos para todos los triángulos rectángulos. Y codifica como parcialmente correctas aquellas respuestas que se refieren a prácticas de enseñanza que solo trabajen con el triángulo del enunciado. En este caso, la guía de corrección no profundiza en las dificultades que pueden explicar por qué los alumnos no reconocen el triángulo como rectángulo y no caracteriza las posibles respuestas del futuro profesor en términos de esa caracterización y de las estrategias de enseñanza que podrían abordarla.

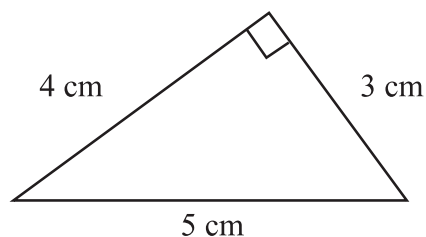


Figura 3. Ejemplo de triángulo propuesto

Las reflexiones anteriores identifican algunas de las limitaciones del cuestionario de TEDS-M que podrían abordarse en estudios futuros sobre el conocimiento del futuro profesor. En particular, la información de la tabla 4 pone de manifiesto un desequilibrio en los subdominios y temas evaluados y en el número de preguntas con las que se evalúan estos subdominios y temas. En este sentido, es posible concebir el diseño de un cuestionario que, con el mismo número de preguntas, aborde de manera más uniforme los subdominios y temas que caracterizan el conocimiento didáctico de un futuro profesor de matemáticas.

Referencias

- Ball, D. L., Lubienski, S. T., y Mewborn, D. S. (2001). Research on teaching mathematics: The unsolved problem of teacher's mathematical knowledge. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (4th ed., pp. 433–453). Washington, DC: American Educational Research Association.
- Castro, E. (2001). Números decimales. En E. Castro (Ed.) *Didáctica de la Matemática en la educación primaria* (pp. 315-345). Madrid, España: Síntesis.
- Döhrmann, M., Kaiser, G. y Blömeke, S. (2014). The conceptualisation of mathematics competencies in the international teacher education study TEDS-M. En S. Blömeke, F. J. Hsieh, G. Kaiser y W. H. Schmidt (Eds.), *International Perspectives on Teacher Knowledge, Beliefs and Opportunities to Learn* (pp. 431-456). Dordrecht, Países Bajos: Springer.
- Gómez, P. (2006). Análisis didáctico en la formación inicial de profesores de matemáticas de secundaria. En P. Bolea, M. J. González y M. Moreno (Eds.), *X Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 15-35). Huesca, España: Instituto de Estudios Aragoneses.
- Gutiérrez, A., Gómez, P. y Rico, L. (2012). Conocimientos manifestados por los futuros maestros de magisterio sobre Didáctica de la Matemática en el estudio TEDS-M. Ejemplo del análisis de una pregunta. *Seminario de Investigación de los Grupos de Pensamiento Numérico y Algebraico (de la Universidad de Granada) e Historia de la Educación Matemática (de la Universidad de Valencia)*. Valencia, España, Marzo 2012.
- Gutiérrez-Gutiérrez, A. Gómez, P., Rico, L. (2014). Conocimiento didáctico de los estudiantes españoles de magisterio sobre números: resultados en TEDS-M. *Cultura y Educación*. (Publicación prevista en julio de 2014)

- Gutiérrez-Gutiérrez, A., Gómez, P. y Rico, L. (En prensa). Conocimiento matemático sobre números y operaciones de los estudiantes de magisterio. *Educación XXI*.
- Gutiérrez-Gutiérrez, A., Rico, L. y Gómez P. (En prensa). *Caracterización del conocimiento didáctico sobre números y operaciones manifestado por los futuros maestros en TEDS-M. Metodología para una comparación internacional*. Seminario de Investigación de los Grupos de Pensamiento Numérico y Algebraico (de la Universidad de Granada) e Historia de la Educación Matemática (de la Universidad de Valencia). Málaga, Febrero 2014.
- Hill, H., Schilling, S. y Ball, D. (2004). Developing measures of teachers' mathematical knowledge for teaching. *Elementary School Journal*, 105(1), 11–30.
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE) (2012). *TEDS-M. Estudio internacional sobre la formación inicial en matemáticas de los maestros. Informe español*. Madrid, España: Autor.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., y Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716–725.
- Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (1991). Real Decreto 1440/1991, de 30 de agosto, por el que se establece el título universitario oficial de Maestros en sus diversas especialidades y las directrices generales propias de los planes de estudios conducentes a su obtención. *BOE*, 244, 33004-33008.
- Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (2007). Orden ECI/2211/2007, de 12 de julio, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación primaria. *BOE*, 173, 31487-31566.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD) (2004). Real Decreto 116/2004, de 23 de enero, por el que se desarrolla la ordenación y se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. *BOE*, 35, 5712-5791.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., Arora, A., y Erberber, E. (2007). *TIMSS 2007 assessment frameworks*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Rico, L. (1997). Los organizadores del currículo de matemáticas. En L. Rico (Ed.), *La Educación Matemática en la enseñanza secundaria* (pp. 39-59). Barcelona, España: ICE-Horsori.
- Rico, L., Lupiáñez, J. L. y Molina, M. (Eds.). (2013). *Análisis Didáctico en Educación Matemática. Metodología de Investigación, Innovación Curricular y Formación de Profesores*. Granada, España: Comares.
- Schilling, S., Blunk, M., y Hill, H. (2007). Test validation and the MKT measures: Generalizations and conclusions. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 5(2–3), 118–127.
- Schmidt, W. H., Blömeke, S., y Tatto, M. T. (Eds.). (2011). *Teacher education matters: A study of middle school mathematics teacher preparation in six countries*. New York, NY: Teachers College Press.
- Schwille, J., & Dembélé, M. (2007). *Global perspectives on teacher learning: Improving policy and practice* (Fundamentals of Educational Planning, No. 84). Paris, Francia: International Institute for Educational Planning, UNESCO.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Tatto, M. T. (Ed.). (2007). *Reforming teaching globally*. Oxford, Reino Unido: Symposium Books.
- Tatto, M. T., Schwille, J., Senk, S., Ingvarson, L., Peck, R. y Rowley, G. (2008). *Teacher Education and Development Study In Mathematics (TEDS-M): policy, practice, and readiness to teach primary and secondary mathematics. Conceptual framework*. East Lansing, MI: Teacher Education and Development International Study Center, College of Education, Michigan State University.
- Tatto, M. T., Sharon, J. S., Senk, L., Ingvarson, L. y Rowley, G. (2012). *Policy, Practice, and Readiness to Teach Primary and Secondary Mathematics in 17 Countries. Findings from the IEA Teacher Education and Development Study in Mathematics (TEDS-M)*. Amsterdam, Países Bajos: International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).

¹*Agradecimientos:* Este trabajo ha sido apoyado por el Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía P07-FQM03244 “TEDS-M España” y parcialmente subvencionado por el proyecto EDU2009-10454 del Ministerio de Ciencia e Innovación. También se ha realizado en el marco del proyecto *Procesos de aprendizaje del profesor de matemáticas en formación*, EDU2012-33030 del MEC. Los resultados de este trabajo forman parte de la tesis doctoral titulada: *Evaluación de los maestros en formación en matemáticas. Estudio TEDS-M en España* que lleva a cabo A. Gutiérrez-Gutiérrez, bajo la dirección de los doctores L. Rico y P. Gómez.