



Ruta crítica en la construcción del MTSK. Meta-análisis del análisis didáctico de los docentes en formación inicial.

Eugenio **Lizarde** Flores
Escuela Normal Rural “Gral. Matías Ramos Santos”
San Marcos, Loreto, Zacatecas, México
life_genio@yahoo.com.mx

Francisco Javier **Hernández** Gutiérrez
Escuela Normal Rural “Gral. Matías Ramos Santos”
San Marcos, Loreto, Zacatecas, México
frajaher_79@hotmail.com

Ana María **Reyes** Camacho
Escuela Normal Rural “Gral. Matías Ramos Santos”
San Marcos, Loreto, Zacatecas, México
anyreca0712@hotmail.com

Resumen

Con el propósito de focalizar los indicios, evidencias y oportunidades en la construcción del MTSK, a partir de la revisión comparativa al diseño de situaciones didácticas en matemáticas y su análisis posterior, de 7 estudiantes de la Licenciatura en educación primaria de una Escuela Normal Rural, elegidos como informantes clave, se plantea la posibilidad de construir una ruta crítica (en tres momentos básicos: construcción, consolidación y extensión del MTSK) que permita tanto a los formadores de docentes como a los estudiantes, tomar conciencia de los problemas de enseñanza que se les presentan en sus prácticas profesionales, pero a la vez el reconocimiento de las potencialidades que puede tener el MTSK como herramienta analítica para la formación docente inicial en matemáticas, tanto como para la estructuración de propuestas formativas en este mismo ámbito.

Palabras clave: matemática, enseñanza, formación de profesores, conocimiento.

Introducción

Uno de los intereses de investigación de nuestro Cuerpo Académico se dirige a responder la pregunta ¿cómo contribuir en el proceso de construcción del conocimiento especializado del profesor de matemáticas (MTSK- Carrillo, et al, 2013)?, con énfasis en la formación inicial de profesores de educación primaria, a partir de la consideración de que en su desempeño profesional no sólo enseñan matemáticas, sino que se forman como maestros generalistas.

Bajo esta idea, en esta ponencia se presentan los resultados del seguimiento a un mismo

proceso de formación docente inicial en matemáticas: diseño de situaciones didácticas (Brousseau, 2007), aplicación en la escuela primaria (práctica docente) y su posterior análisis, considerando un mismo momento temporal (2° periodo de práctica docente de un semestre) y una muestra intencionada de estudiantes de los diferentes semestres de la Licenciatura en educación primaria (II, IV y V semestres).

El propósito fundamental de la investigación es documentar las evidencias, indicios y oportunidades que se manifiestan en el proceso de construcción del conocimiento especializado en matemáticas, con la posibilidad de encontrar pautas de actuación desde la Escuela Normal que nos permitan, como formadores de profesores, contribuir a su concreción, así como en el rediseño de las propuestas oficiales de formación docente inicial (SEP, 2018) a partir de la documentación de las áreas de oportunidad encontradas.

Fundamentación teórica

El conocimiento del profesor de matemáticas o que enseña matemáticas se ha convertido en objeto de estudio de diferentes investigadores. En 2013, Carrillo, Climent, Contreras y Muñoz-Catalán presentan el modelo Conocimiento especializado del profesor de matemáticas (*Mathematics Teacher's Specialised Knowledge* -MTSK). Desde este modelo se asume que todo el conocimiento del profesor es especializado.

De acuerdo a su integración se divide en dos dominios: conocimiento matemático (*Mathematical Knowledge* - MK) y conocimiento didáctico del contenido (*Pedagogical Content Knowledge* -PCK); en el primero resulta un elemento fundamental el conocimiento que el profesor tiene de la disciplina que enseña, en este caso, matemáticas. De ahí que se plantean como objeto de investigación saber qué y cómo conoce/debe conocer matemáticas un profesor de matemáticas. En el segundo dominio de conocimiento, se hace referencia a una parte de lo que el profesor requiere para su trabajo docente, es decir, para su enseñanza, el cual se complementa con el MK, además, ambos dan sentido y orientación a las decisiones y acciones del profesor de matemáticas (Escudero-Ávila, 2015).

Cada uno de estos dominios está conformado por tres subdominios, tal como aparecen en la Figura 1 donde se presentan los componentes del conocimiento especializado del profesor de matemáticas a través de la representación gráfica del modelo MTSK. Es conveniente mencionar que las concepciones en matemática y en la enseñanza y aprendizaje de la matemática se ubican en el centro de la figura. A partir de este diagrama y siguiendo a Carrillo et al. (2013), Flores-Medrano, Escudero-Ávila, Montes, Aguilar y Carrillo (2014) y Escudero-Ávila (2015), citamos algunas categorías e indicadores que integran los subdominios del conocimiento matemático y el conocimiento didáctico del contenido.

El dominio del conocimiento matemático está constituido por el subdominio conocimiento de los temas matemáticos, el cual incluye conocimientos de definiciones, propiedades, fundamentos, procedimientos, registros de representación, fenomenología y aplicaciones. El subdominio conocimiento de la estructura de las matemáticas integra conocimientos de conexiones de complejización, conexiones de simplificación, conexiones transversales y conexiones auxiliares. Por último, en el dominio matemático, ubicamos el conocimiento de la práctica matemática, es decir, conocimientos sobre jerarquización y planificación como forma de proceder en la resolución de problemas matemáticos, formas de validación, papel de los símbolos y uso del lenguaje formal, procesos asociados a la resolución de problemas como forma de producir matemáticas, prácticas particulares del quehacer matemático y condiciones

necesarias y suficientes para generar definiciones.

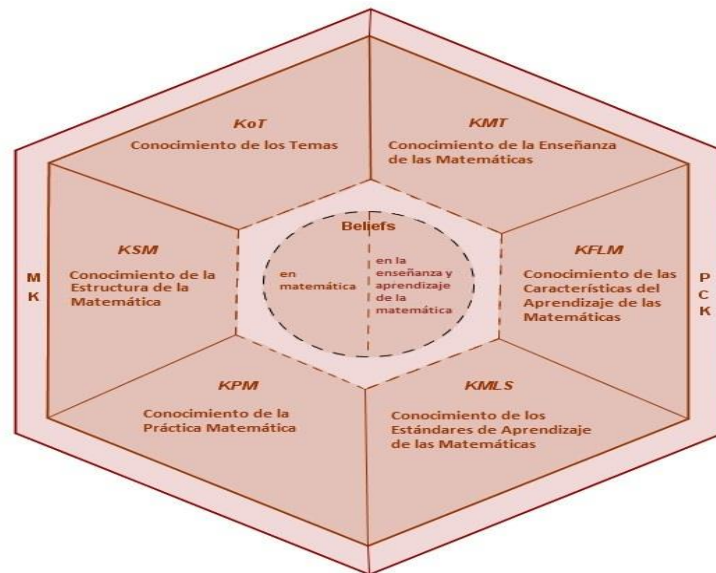


Figura 1. Diagrama del Mathematics Teacher's Specialized Knowledge-MTSK (Carrillo et. al, 2013).

Por su parte, en el dominio del conocimiento didáctico del contenido, identificamos el subdominio conocimiento de las características de aprendizaje de las matemáticas, mismo que aborda conocimientos de las teorías de aprendizaje, fortalezas y dificultades, formas de interacción con un contenido matemático, intereses y expectativas. El subdominio de conocimiento de la enseñanza de las matemáticas integra conocimientos de las teorías de enseñanza, recursos materiales y virtuales, estrategias, técnicas, tareas y ejemplos. Como tercer subdominio, el conocimiento de los estándares de aprendizaje de las matemáticas, involucra conocimientos de expectativas de aprendizaje, nivel de desarrollo conceptual o procedimental esperado, así como conocimientos de secuenciación con temas anteriores y posteriores.

Por lo anterior, en este trabajo de investigación, el MTSK se convierte en la perspectiva teórica que establece una visión amplia y profunda sobre los conocimientos que el profesor de matemáticas y el que enseña matemáticas debe poseer.

Metodología

El desarrollo de este trabajo de investigación se instrumentó desde un paradigma de investigación cualitativo, considerando la comprensión, interpretación y análisis a profundidad del objeto de estudio. Para ello, se tuvo un acercamiento con un grupo focal de 5 futuros licenciados en educación primaria de primer grado (aunque por la relevancia de los datos sólo damos cuenta de 1, para ejemplificar), 1 estudiante de segundo grado y 1 estudiante del tercer grado, de la Escuela Normal Rural “Gral. Matías Ramos Santos” de San Marcos, Loreto, Zacatecas. Se realizó una entrevista a un grupo focal, además se realizaron videgrabaciones de las sesiones de clases de matemáticas de los estudiantes de los tres grados mencionados y se revisaron documentos (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) en dos momentos: 1. Previo a la observación con las planificaciones de clases de los estudiantes y, 2. Posterior a la observación, con el informe de práctica profesional, en el que el estudiante analiza su desempeño en el aula de clase.

El análisis de los análisis (Meta-análisis) en los dos momentos previstos, a partir de la triangulación de datos de 3 documentos básicos: transcripción de entrevista al grupo focal, transcripción de la observación de clase y planeaciones, así como los informes de análisis, a partir de aplicar los lentes conceptuales del MTSK (el análisis de los análisis se hace a partir de las categorías del MTSK, observando en qué medida se manifiesta cada subdominio) nos permite observar de manera longitudinal y global en los tres grados la construcción del conocimiento especializado del profesor que enseña matemáticas en educación primaria con la finalidad de ver la factibilidad de construir una ruta crítica para lograrlo.

Resultados

1º Dificultades en los primeros acercamientos al MTSK - construcción: evidencias, indicios y oportunidades.

Cuando los alumnos cursan los primeros semestres de la Licenciatura en Educación primaria, al momento de realizar sus primeras prácticas profesionales nos resulta natural que tengan ciertas dificultades para comprender el proceso de planeación (parte del KMT), la comprensión de algún contenido (KoT), etc., sin embargo, en el mismo proceso de formación, los formadores de profesores tenemos responsabilidad didáctica para contribuir a construir el conocimiento especializado, en tal sentido, es muy importante que reconozcamos los indicios (entendidos como “sospechas inteligentes”), las oportunidades y las evidencias de que se está construyendo, así como las dificultades, para capitalizarlas como una oportunidad de mejora a partir de una retroalimentación adecuada. Con la intención de ir encontrando esos indicios, oportunidades y/o evidencias, se realizó a un grupo focal, una entrevista previa a su práctica profesional en el 2º semestre de la Licenciatura en educación primaria, y una de las primeras preguntas que se les planteó fue la siguiente: ¿Cuándo ya les asignaron los contenidos, qué dificultades anticipan? Algunas de las respuestas fueron las siguientes:

si desconocemos el tema, el generar actividades se complica todavía más

porque nosotros lo entendemos, pero no sabemos cómo explicarlo, o las palabras que debemos usar para que los niños lo entiendan

Evidentemente, este primer reconocimiento es una oportunidad para el trabajo en el curso de matemáticas de la Escuela Normal y profundizar en el KoT y su relación con el KMT.

Los estudiantes reconocen tres tipos de dificultades al momento de planear: la dificultad del contenido, el cómo enseñarlo y cómo ponerlo en un formato de planeación; bajo esta lógica a continuación se presentan las relaciones entre estos tres aspectos y las complicaciones que se presentan, derivados del análisis de un caso, como evidencia a tener en cuenta en la construcción del MTSK

Tabla 1

Dificultades, procesos y prácticas. Oportunidades para el MTSK.

DIFICULTAD DEL CONTENIDO	COMPRENSIÓN DEL PROCESO DE PLANEACIÓN
E: ¿Cuál es un ejemplo de un contenido? “El de reparto, está sencillo llevarlo, porque pues sabemos qué es un reparto (KoT)” E: ¿por ejemplo?	E: ¿cómo organizaron la planeación?

<p>Ao. El ejemplo que viene en el libro de las canicas, nosotros pusimos ciertos problemas en la planeación sobre lo que es un reparto, pusimos haga de cuenta que “Omar tiene como 400 canicas, tiene 8 hermanos y se las tiene que repartir a cada uno de forma equitativa, igual”, y ya pues pusimos ese</p>	<p>Lorenzo: primeramente conocer los contenidos (KoT¹), ya después tener las herramientas necesarias para hacer la planeación, como el libro del maestro tanto como el libro del alumno, para saber los temas que se van a abordar (KMLS), pues si, darles a entender a los niños lo que vamos a llevar en la clase, como la consigna (KMT), preguntar a los alumnos si la captaron, sino para de nuevo repetir lo que vamos a hacer... tener en mente los materiales que se van a ocupar, ya sea como, si vamos a trabajar por ejemplo, sumas o restas, se puede trabajar con piedritas o frijoles, algo así...</p>
<p>EL MOMENTO DE LA ENSEÑANZA: 2º de educación primaria. 8:09 Profesor 1: inicia preguntándoles que vieron el día anterior y les dice que el día de hoy van a trabajar inventando un problema. Profesor 1. Saquen su libreta. ¿Qué día es hoy? Escribe la fecha en el pintarrón Profesor 1. Ya empiecen (se refiere a la invención del problema) 8:30 Profesor 1. A ver levante la mano quien ya acabó. ¿Quién nos quiere decir su problema? Ao. Adrián tiene 20 pesos y los quiere repartir entre sus dos hermanos. ¿Cuánto le da a cada uno? Profesor 1. A ver como ya terminaron su problema ahora hay que contestarlos (varios alumnos se levantan) como ya algunos los contestaron ¿quién me puede dar las respuestas? (Otro alumno lee el problema y lo resuelve) A ver alguien más que nos quiera dar su respuesta. A ver dinos el problema y la respuesta (El ritmo de trabajo es muy lento, algunos niños ya manifiestan estar aburridos) 8:34 Mo. Bueno pues ya todos entendimos que es un reparto, no. (Se hace el silencio) Ya como todos acabamos el problema era como un reparto. Ahora vamos a hacer otra actividad. Profesor 2: a ver ahora todos saquen su libro de matemáticas en la página 111 y 112 Ahí nos dice que en parejas, ¿en parejas o solos? As. En parejas (casi al unísono) Profesor 1, retoma lo que dice el libro. Vamos a contestarlo en parejas (los alumnos comienzan a leer) 8:52 Los alumnos comienzan a inquietarse y levantarse de sus lugares</p>	

En el recuadro de la dificultad del contenido, cuando están en los primeros semestres de la Licenciatura, éste les parece como obvio y sencillo, por ejemplo en el caso del reparto, dice “está muy sencillo, todos sabemos qué es un reparto”, sin embargo, al no analizarse en términos del conocimiento didáctico del contenido, las dificultades se presentan al momento de la enseñanza; veamos dos circunstancias en este fragmento de registro: 1ª Cuando el profesor hace alusión a “ya empiecen” refiriéndose a la invención de los problemas, tenemos evidencia de las dificultades para articular el KoT con el KPM, ya que si bien la invención de problemas tiene un lugar muy relevante en la práctica de hacer matemáticas, en grados inferiores es muy importante cuidar el proceso para hacerlo. 2ª El uso de materiales educativos (libro de texto) exige su revisión previa para gestionar de manera adecuada su uso; aquí tenemos una oportunidad para analizar su intervención didáctica y generar reflexiones (algunas obvias: la necesidad de comprender los planteamientos de los libros de texto; y otras con mayor profundidad: tipos de problemas que se plantean, el papel de las preguntas en un problema matemático, etc.) que nos permitan que los estudiantes tomen conciencia y comprendan los diferentes componentes del MTSK al hacerlos objeto de análisis desde las evidencias de su propia práctica.

¹ Se han agregado las referencias a cada uno de los subdominios del MTSK, como elementos de análisis.

2° Consolidando el MTSK, la práctica docente y su análisis como espacios de reflexión y toma de conciencia.

El trayecto de preparación para la enseñanza y el aprendizaje, en el caso de las matemáticas, se fortalece y consolida en tercer y cuarto semestre porque se avanza en el estudio del curso de geometría: su aprendizaje y enseñanza y el curso procesamiento de información estadística; estos escenarios demandan a los profesores en formación inicial trabajar en la planificación, ejecución y análisis de algunos contenidos en diferentes grados de educación primaria. Así, en estos contextos los jóvenes ponen en juego conocimientos matemáticos y didácticos; en el caso de los primeros se encuentran conocimientos de los temas que van a enseñar, conocimientos de la estructura de la matemática y conocimientos de la práctica matemática, en lo que respecta a los conocimientos didácticos emergen conocimientos de la enseñanza de las matemáticas, conocimientos de las características del aprendizaje de las matemáticas y conocimientos de los estándares de aprendizaje de las matemáticas. Enseguida presentamos un fragmento de planificación de Diana, una profesora en formación inicial de cuarto semestre:

Tabla 2

Elementos que contextualizan el diseño de una planificación de matemáticas.

<p>Asignatura: Matemáticas</p> <p>Enfoque: Uso de secuencias de situaciones problemáticas que despierten el interés de los alumnos, que permitan reflexionar y construir formas diferenciadas para la solución de problemas usando el razonamiento como herramienta fundamental.</p> <p>Campo formativo: Pensamiento matemático Bloque: I Lección 30: “En busca del entero”</p> <p>Contenido: Representación de fracciones de magnitudes continuas (longitudes, superficies de figuras). Identificación de la unidad, dada una fracción de la misma.</p> <p>Intención didáctica: Que los alumnos establezcan la relación entre una fracción (unitaria o no unitaria) que se representa gráficamente y la unidad de referencia al dibujar esta última.</p>

En la tabla 2, identificamos que Diana evidencia conocimiento de los estándares de aprendizaje de las matemáticas en relación con la enseñanza de las fracciones (KMLS), en particular, sobre el nivel de desarrollo conceptual esperado en quinto grado de educación primaria, en la descripción del contenido y la intención didáctica, así como también evidencia conocimiento de las expectativas de aprendizaje cuando expresa el enfoque de las matemáticas. Por último, presentamos un fragmento de la planificación anterior, misma que corresponde a la preparación del medio (Brousseau, 2007):

Tabla 3

Preparación del medio de una planificación de matemáticas.

<p>Preparación del medio. a) Valoración de conocimientos previos: Plantear a los alumnos problemas en donde tengan que hacer repartos utilizando las fracciones.</p> <p>Ejemplo: Andrea tiene una naranja y quiere darle la cuarta parte de la naranja a su amiga Julieta ¿qué fracción de la naranja será la que tiene que darle a su amiga? Si Julieta quiere completar el entero, ¿cuánto le falta si tiene sólo $\frac{1}{4}$ de naranja que le dio Andrea? ¿Cómo lo representarías con la naranja que se te proporcionó?</p>

En la tabla 3, Diana muestra conocimiento de la enseñanza de las matemáticas (KMT), al plantear un problema donde se rescatan conocimientos de los alumnos en relación con el estudio de la fracción como parte-todo en contextos continuos; lo anterior, coincide con el contenido y la intención didáctica que Diana manifiesta en la tabla 2, en los elementos que contextualizan su

planificación de matemáticas. Así, en las tablas 2 y 3, presentamos evidencias del conocimiento didáctico de fracciones que una profesora en formación inicial pone en juego en algunos fragmentos de su planificación. Con lo cual, de manera comparativa a lo presentado en el apartado anterior, apreciamos un avance en la consolidación del conocimiento especializado de los futuros profesores.

3° Extensión del MTSK hacia su proceso de formación generalista

El estudiante que se aborda para este punto, es de quinto semestre de licenciatura en educación primaria, para este momento, ya se han desarrollado los cuatro cursos que conforman la preparación para la enseñanza de las matemáticas, con ello, se podría mencionar que se tiene un dominio con cierta profundidad sobre el conocimiento matemático y sobre el conocimiento didáctico del contenido.

Empero, en quinto semestre en las escuelas normales para el plan de estudios 2012, los jóvenes estudiantes realizan sus prácticas profesionales en escuelas primarias de organización multigrado, por lo que aprenden estrategias de planificación globalizadas para poder atender a niños desde dos hasta los seis grados en un solo grupo.

Así que además del dominio que ya se ha desarrollado en los anteriores semestres sobre los temas matemáticos (KoT), este semestre fortalece su conocimiento con el desarrollo de paquetes de conocimiento (Lizarde, 2016) de los grados en los que se practicará, lo que posibilita el conocimiento de la estructura de las matemáticas (KSM). Situación que se muestra en la siguiente actividad de planificación de los contenidos en una escuela bidocente:

Matemáticas Primer Grado

Contenidos	Problemas aditivos. Resolución de distintos tipos de problemas de multiplicación (relación proporcional entre medidas, arreglos rectangulares.
------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Matemáticas Segundo Grado

Contenidos	Problemas multiplicativos. Resolución de multiplicaciones cuyo producto sea hasta del orden de las centenas, mediante diversos procedimientos (como una de multiplicaciones parciales, multiplicaciones por 10, 20, 30, etcétera.
------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Matemáticas Tercer Grado

Contenidos	Problemas multiplicativos. Análisis de la información que se registra al resolver problemas de suma o resta.
------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Como se puede observar en los cuadros anteriores, el estudiante planifica los contenidos que abordará en su práctica profesional, pero además en este aprendizaje de la estructura de las matemáticas, busca esa relación creciente en la complejidad de los temas matemáticos, acorde a un diagnóstico que se realizó previamente y de los grados escolares que atenderá.

La enseñanza de la multiplicación es un contenido muy amplio que no necesariamente comienza en segundo grado ni tampoco termina en sexto de primaria. Es por ello que, la enseñanza de la multiplicación se va dando paso a paso y en cada grado se va enseñando algo. Sin embargo, el dilema está aquí, en el ¿qué enseñar en cada grado? (Registro del informe de prácticas profesionales del estudiante)

En el registro anterior queda patente el conflicto que significa relacionar cualquier contenido (multiplicación para este ejemplo) en su estructura matemática, en este caso para tres grados de educación primaria, sin embargo, la posibilidad de planificación previa, utilizando

paquetes de conocimiento para relacionar el conocimiento de los temas matemáticos con la estructura de las matemáticas, permite un nivel importante de consolidación del conocimiento especializado del profesor de educación primaria que enseña matemáticas.

Nuestra perspectiva es comenzar el proceso de aprendizaje de la multiplicación en primer grado, pero, a partir de problemas, problemas que involucren primeramente la suma, luego la suma de manera repetida o iterada... se diseñaron problemas de igual contextualización para los tres grados, pero con algunas variables didácticas entre sí (Registro del informe de prácticas profesionales del estudiante)

Conclusiones

A partir del análisis de tres momentos coyunturales en el proceso de formación docente inicial, asumimos que la ruta crítica en la construcción del MTSK es un proceso continuo y dialéctico, en el que al tener un mejor dominio de los temas matemáticos y analizando este saber como paquetes de saberes de complejidad creciente, permite un mejor conocimiento de la estructura de las matemáticas y viceversa, pero a la vez, ambos tipos de conocimiento: de los temas y de su estructura, les posibilitan el diseño de situaciones didácticas congruentes y articuladas a las características de aprendizaje de los alumnos y a los estándares de aprendizaje que se quieran lograr.

En el escenario de la formación docente inicial, eso abre un panorama muy importante a los formadores de docentes dado que la revisión y análisis de nuestra práctica profesional se resignifica en un doble sentido, en primer término al articularla desde un modelo explícito del conocimiento del profesor de matemáticas, y en segundo término, al retomar los problemas de enseñanza que enfrentan nuestros estudiantes, tanto a partir de los indicios, como de las evidencias, para convertirlas en oportunidades de desarrollo profesional. La mirada analítica de los formadores de profesores posibilitará a su vez el reconocimiento de esos momentos críticos: primeros acercamientos (toma de conciencias de las problemáticas), consolidación de elementos del MTSK y extensión a escenarios más complejos (grupos multigrado, por ejemplo).

Referencias y bibliografía

- Carrillo, J., Climent, N., Contreras, L.C., & Muñoz-Catalán, M.C. (2013). Determining specialised knowledge for mathematics teaching. En B. Ubuz, C. Haser & M.A. Mariotti (Eds.). *Actas del CERME 8* (pp. 2985-2994). Middle East Technical University, Ankara, Turquía: CERME.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Argentina: Libros del zorzal.
- Escudero-Ávila, D. I. (2015). *Una caracterización del conocimiento didáctico del contenido como parte del conocimiento especializado del profesor de matemáticas de secundaria* (Tesis doctoral). Recuperado de <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/11456>.
- Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Montes, M. A., Aguilar, A. y Carrillo, J. (2014). Nuestra modelación del conocimiento especializado del profesor de matemáticas, el MTSK. En J. Carrillo, L. Contreras, N. Climent, D. Escudero-Ávila, E. Flores-Medrano y M. A. Montes (Eds.), *Un marco teórico para el conocimiento especializado del profesor de matemáticas* (pp. 57-72). Huelva: Publicaciones de la Universidad de Huelva.
- Lizarde, E. (2016). La construcción del conocimiento especializado del profesor de matemáticas (MTSK) desde el escenario normalista. *Entre Maestros No. 57*, 82-93.
- SEP. (2018). *Aritmética. Números naturales. Programa de estudios. Primer semestre*. México: Autor.