

CONOCIMIENTO ESPECIALIZADO DE ESTUDIANTES PARA MAESTRO/A EN UNA TAREA SOBRE PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

Prospective teachers' specialised knowledge in a task on computational thinking

Santaengracia, J. J.^a, Aguilar-González, Á.^a, Palop, B.^b y Rodríguez-Muñiz, L. J.^a

^aUniversidad de Oviedo, ^bUniversidad Complutense de Madrid

Resumen

Los objetivos de este trabajo son explorar el conocimiento especializado de estudiantes para maestro (EPM) en una tarea de pensamiento computacional (PC) e indagar sobre el encaje del PC dentro del modelo Mathematics Teacher's Specialized Knowledge (MTSK). Para ello, los EPM escogieron una tarea Bebras y, mediante un cuestionario ad hoc, debieron explicitar su resolución, las componentes del PC, los saberes básicos y las competencias específicas matemáticas que encontraron, así como el motivo de su elección. Las producciones de los EPM evidencian, mayoritariamente, los subdominios KoT y KMLS, apareciendo KFLM y creencias y concepciones cuando se explican los motivos de la elección. Estos resultados son parcialmente similares a los encontrados al resolver tareas matemáticas, lo que lleva a preguntarse cuál es el encaje del PC dentro de un modelo de conocimiento especializado de matemáticas como el MTSK.

Palabras clave: conocimiento del profesor, estudiantes para maestro, pensamiento computacional, MTSK.

Abstract

The aims of this study are to explore the specialized knowledge of pre-service mathematics teachers (PMTs) in computational thinking (CT) tasks and to examine the integration of CT within the framework of the Mathematics Teacher's Specialized Knowledge (MTSK). To this end, PMTs selected a Bebras task and, using a bespoke questionnaire, were tasked with elucidating their approach, delineating the components of CT, identifying basic knowledges, specific mathematical competencies encountered, and elucidating their rationale for selection. The responses of PMTs predominantly manifest within the subdomains of KoT and KMLS with KFLM and beliefs and conceptions emerging when elucidating the rationale for their choices. These findings parallel, in part, those observed in mathematical task contexts, prompting inquiry into the alignment of CT within a framework of specialized mathematical knowledge, such as MTSK.

Keywords: teacher knowledge, pre-service students, computational thinking, MTSK.

INTRODUCCIÓN

Debido a su importancia, el conocimiento especializado del docente de matemáticas ha sido un tema muy estudiado en los últimos años, y con la aparición de modelos como el Mathematics Teacher's Specialised Knowledge (MTSK) (Carrillo et al., 2018) es posible modelarlo a través de categorías e indicadores concretos con el fin de saber los conocimientos didáctico-matemáticos que tienen docentes y estudiantes para maestro (EPM). Por otro lado, el pensamiento computacional (PC) también ha ganado importancia en los últimos años, apareciendo en la nueva ley educativa dentro del área de Matemáticas (Ministerio de Educación y Formación Profesional [MEFP], 2022). La inclusión del PC dentro del área de Matemáticas hace surgir como problema de investigación su encaje dentro de los modelos de conocimiento especializado didáctico-matemático.

Con el propósito de abordar esta cuestión, en este trabajo se plantea qué evidencias (en el sentido de Flores et al., 2013) de conocimiento especializado tanto del PC como de matemáticas se muestran cuando los EPM se enfrentan a una tarea sobre PC. Los objetivos del trabajo, por tanto, son: (1) explorar el conocimiento especializado y de PC que los EPM demuestran al resolver y analizar una tarea de PC y (2) indagar la pertinencia del encaje del PC en un modelo de conocimiento especializado.

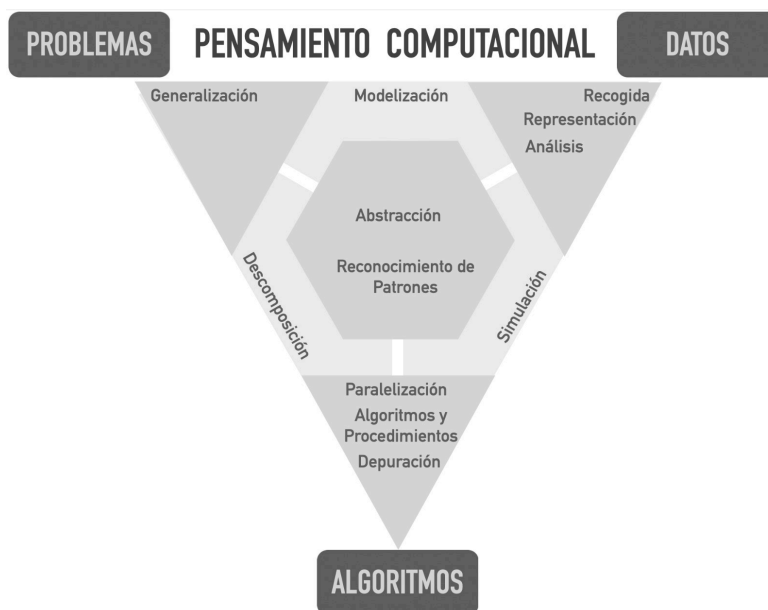
MARCO TEÓRICO

Pensamiento computacional

La idea del PC tuvo su origen en el trabajo seminal de Papert (1980), pero el término apareció por primera vez en el trabajo de Wing (2006), quien propuso que el PC: “implica resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano mediante la utilización de los conceptos fundamentales de la informática” (Wing, 2006, p. 33 [traducción propia]). Aún sin haber llegado a un consenso sobre la definición de PC dentro de la comunidad científica (Tang et al., 2020), se han propuesto diferentes conceptualizaciones. Grover et al. (2020) y Palts y Pedaste (2020) proponen la resolución de problemas como eje central del PC; Barr y Stephenson (2011) dan una definición centrada en la resolución de problemas a través del ordenador y Brennan y Resnick (2012) conceptualizan el PC con la algoritmia como principal componente y lo dividen en conceptos, prácticas y perspectivas computacionales. Otra de las propuestas más populares por su aplicación directa en el aula es la iniciativa Bebras (Dagiene y Dolgopolas, 2022), que consiste en un concurso anual para niños y adolescentes en el que se resuelven problemas de PC (publicados y de distribución gratuita tras el concurso) clasificados en las dimensiones de pensamiento algorítmico, descomposición, abstracción, evaluación y generalización (Dagiene y Sentance, 2016).

En este trabajo se utilizará la definición propuesta por Palop et al. (2024): “El pensamiento computacional es la manera de razonar que nos permite enfrentarnos a un problema sobre unos datos con el objetivo de que un ordenador lo resuelva” (p. 12). En Palop et al. (2024) se conceptualiza el PC mediante tres pilares: datos, problemas y algoritmos. Además, se distinguen componentes del PC, con diferentes intensidades de relación con cada pilar (Figura 1) y se entiende el proceso de pensamiento desde un punto de vista competencial.

Figura 1. Configuración en tres pilares del pensamiento computacional. Palop et al. (2024).



Modelo MTSK

En la actualidad, la investigación sobre el conocimiento profesional del profesor de matemáticas ha sido objeto de estudio; debido a ello se han desarrollado modelos como el MTSK (Carrillo et al., 2018) que, como otros modelos, considera distinciones en dos dominios de conocimiento (matemático y didáctico del contenido) y, además, incluye un dominio sobre las creencias.

El dominio de Conocimiento Matemático (MK) está organizado en tres subdominios. El Conocimiento de los Temas (KoT) tiene como referente el conocimiento matemático que es objeto de enseñanza e incluye el conocimiento que el profesor tiene sobre las propiedades de los temas matemáticos y sus fundamentos, los procedimientos, la fenomenología o diferentes registros de representación. El conocimiento de la estructura matemática (KSM) abarca las múltiples conexiones entre entes matemáticos. Por último, el subdominio de Conocimiento de las Prácticas Matemáticas (KPM) contempla cómo se genera conocimiento matemático y cómo se valida. Por su lado, el conocimiento didáctico del contenido (PCK) también se estructura en tres subdominios. El conocimiento de enseñanza de matemáticas (KMT) incluye conocimiento de teorías de enseñanza, de recursos y de estrategias. El subdominio de las características del aprendizaje de matemáticas (KFLM) considera el conocimiento del contenido desde la perspectiva del aprendizaje (teorías personales o formales del aprendizaje, fortalezas o dificultades en el proceso de aprendizaje, formas de interacción de los estudiantes con el contenido y expectativas de los estudiantes). El subdominio de los estándares de aprendizaje de las matemáticas (KMLS) abarca el conocimiento sobre todo lo que el estudiante debe, o es capaz de, aprender en un determinado nivel escolar. Finalmente, el modelo MTSK incluye el dominio de las creencias y concepciones sobre las matemáticas y sus procesos de enseñanza y aprendizaje entendiendo que éstas, están intrínsecamente ligadas al conocimiento del profesor de matemáticas, es decir, lo permean (Aguilar-González et al., 2019).

MÉTODO

En esta comunicación se explora el conocimiento especializado de 34 estudiantes para maestro (EPM) que, tras recibir una formación de una hora y media en PC, debían analizar una tarea Bebras a partir de un cuestionario diseñado ad hoc para la investigación y se analizan las respuestas de este cuestionario mediante el modelo MTSK.

Participantes

Los participantes de este estudio la constituyen 34 EPM de la asignatura Matemáticas y su Didáctica I del Grado de Maestro/a de Educación Primaria de la Universidad de Oviedo, seleccionados por facilidad de acceso. Los EPM dieron su consentimiento a la recogida y uso de los datos (anónimos) con fines de investigación.

Instrumento

De forma previa a la administración del cuestionario los EPM recibieron una sesión de formación en PC. En esta sesión se analizaron varias definiciones del PC, se exploraron las componentes según el modelo de Palop et al. (2024) y se resolvieron y analizaron varios problemas de la iniciativa Bebras. Tras esta formación, se pidió a los EPM que completaran el cuestionario que se describe a continuación escogiendo una tarea Bebras (iniciativa mencionada en el marco teórico), de entre 10 opciones ofrecidas por los investigadores, para que justificasen la más adecuada para usarla en su clase de matemáticas. Todos los EPM realizaron al menos un cuestionario completo. Algunos EPM, opcionalmente, respondieron el cuestionario para una tarea extra, pero no siempre de forma completa, por lo que del número de respuestas por pregunta varía (Tabla 1).

Para explorar el conocimiento especializado que pueda emerger en las producciones de los EPM se escogieron los subdominios KoT, KMLS, KFLM y KMT y el dominio de creencias y concepciones, ya que se consideró que tenían una relación más evidente con el PC. Se excluyeron los subdominios

KSM y KPM ya que, al tener las tareas como foco principal el PC a nivel de educación primaria, la estructura y la práctica matemática no se consideraron objeto principal de la investigación. Por una parte, el conocimiento de la lógica matemática o de axiomas y definiciones o de prácticas de demostración, incluidos en el KPM, no se consideraron explícitamente en el objetivo de la tarea ni del nivel al que iba dirigida; por otra parte, el conocimiento de las ideas principales de la disciplina y las conexiones de complejización, propias del KSM, tampoco supuso el foco de la tarea.

Tabla 1. Descripción del cuestionario y elementos del conocimiento pretendidos. Elaboración propia.

Número de pregunta	de Texto de la pregunta	Elementos del conocimiento pretendidos en la pregunta	Número de respuestas
1. Tarea	Indica el número de tarea escogida.	No aplica	56
2. Solución	Explica la solución que has encontrado para la tarea.	KoT	56
3. Saberes	Explica qué saberes básicos de matemáticas identificas en la tarea y por qué.	KoT y KMLS	52
4. Componentes	Explica qué componentes del PC identificas en la tarea y por qué.	KoT y KMLS	44
5. Competencias	Además del PC, ¿identificas alguna otra competencia específica del área de Matemáticas? ¿Por qué?	KoT y KMLS	43
6. Elección	¿Por qué has elegido esta tarea? Da razones tanto basadas en los criterios mencionados en clase para escoger tareas como en tu opinión.	KoT, KMLS, KFLM, KMT y creencias y concepciones	47

Análisis de datos

Se realizó un análisis cualitativo de las respuestas a las preguntas 2, 3, 4 y 5, identificando qué subdominios del modelo MTSK se evidenciaban. En las respuestas a la pregunta 6, además de identificar los subdominios, se analizó el dominio de creencias y concepciones. En la Tabla 2 se exponen los criterios de inclusión y exclusión que se consideraron para clasificar cada respuesta de los EPM en cada subdominio atendiendo a evidencias de conocimiento (Flores et al., 2013) puesto que las respuestas contenían elementos que permiten afirmar que se posee un determinado conocimiento.

Tabla 2. Criterios de identificación de subdominios MTSK y creencias utilizadas. Elaboración propia.

Subdominio	Criterios
KoT	Si la respuesta contiene únicamente explicaciones a una solución, aportaciones no curriculares propias de los EPM o un conocimiento sobre el tema de matemáticas o PC.
KMLS	Si la respuesta contiene elementos curriculares del área de Matemáticas o componentes del PC. Aunque los elementos curriculares estén mal identificados, su aparición se puede considerar conocimiento de ellos. Si la respuesta dice que no existen competencias o saberes básicos, también se considera KMLS, puesto que se muestra su conocimiento.
KFLM	Si la respuesta muestra un conocimiento sobre teorías del aprendizaje, fortalezas y dificultades, formas de interacción con el contenido matemático o intereses y expectativas. Se considera KFLM si los EPM tienen en cuenta alguna característica de la tarea (por ejemplo, la dificultad).
KMT	Si la respuesta muestra un conocimiento sobre teorías de enseñanza, recursos o estrategias, técnicas, tareas y ejemplos.
Creencias y concepciones	Se considerará creencia o concepción siempre que el EPM exprese su opinión sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

RESULTADOS

En la Tabla 3 se muestran los resultados, exponiendo el número de respuestas que han sido clasificadas en cada subdominio (una respuesta puede mostrar evidencias de varios subdominios).

Tabla 3. Clasificación de respuestas en subdominios del modelo MTSK. Elaboración propia.

Pregunta	KoT	KMLS	KFML	KMT	Creencias y concepciones
2. Solución	31	2	0	0	No aplica
3. Saberes	33	39	0	0	No aplica
4. Componentes	29	37	0	0	No aplica
5. Competencias	10	35	0	1	No aplica
6. Elección	16	18	24	3	24

Para las preguntas de la 2 a la 5 se observa que, salvo en un caso de KMT, los EPM solo muestran evidencias de los subdominios KoT y KMLS. Estas respuestas son consecuentes con las preguntas: se pedía identificar tanto elementos curriculares como demostraciones del conocimiento propio. En la pregunta 6 encontramos una mayoría de respuestas clasificadas en KFLM, KMLS, KoT y creencias y concepciones. Al considerar los resultados por pregunta observamos que en la pregunta 2, a excepción de dos respuestas que incluyen KMLS, el resto solo muestra evidencias de KoT, lo que parece lógico, puesto que se trataba de resolver una tarea y, por lo tanto, los EPM muestran su conocimiento sobre este tema al resolverla.

En las preguntas 3 y 4 los EPM muestran mayoritariamente, evidencias de los subdominios KMLS y KoT, por este orden. Este resultado también es coherente con la naturaleza de la pregunta, en la que se pedía que identificasen elementos curriculares (KMLS) y explicasen el porqué de su elección, lo que favorece que emerja el conocimiento de los temas (KoT). Es notable, además, que KoT y KMLS se muestran de forma conjunta 21 veces en cada una de estas preguntas, lo que subraya la asociación que realizan los EPM entre ambos subdominios, cuestión sobre la que se reflexionará en la discusión.

En la pregunta 5 hay una gran mayoría de respuestas clasificadas en el subdominio KMLS y una minoría dentro del subdominio KoT; además, únicamente se observan dos respuestas que combinan los subdominios KoT y KMLS y una que combina los subdominios KMLS y KMT.

Finalmente, en la pregunta 6, al pedir que los EPM justificasen su elección y diesen su opinión sobre la tarea, en la mayoría de las respuestas (36 de 47) se identifican múltiples subdominios (generalmente, tres o más por respuesta), cuestión que se ha omitido en la Tabla 3 por la gran cantidad de combinaciones diferentes que se ha constatado. Por otro lado, se identificaron las creencias y concepciones expresadas por los EPM en las respuestas a la pregunta 6, encontrando que, en su mayoría, realizan comentarios sobre concepciones de aprendizaje y sobre metodología y diferencias individuales entre alumnos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Uno de los primeros aspectos de interés que podemos destacar es la coherencia de las respuestas a las preguntas 3 y 4 con estudios sobre el conocimiento evidenciado por EPM respecto a contenidos matemáticos, en los que se muestra cómo los EPM tienden a elegir y utilizar de forma conjunta los subdominios KoT y KMLS por encima del resto de subdominios del MTSK (Muñiz-Rodríguez et al., 2022). El análisis de las respuestas a la pregunta 3 evidencia que los EPM son capaces de mostrar conocimientos sobre los saberes básicos de matemáticas y sobre las componentes del PC. En Muñiz-Rodríguez et al. (2022) se defiende que el conocimiento de los EPM acerca de los saberes básicos puede haberse adquirido durante sus años de escolarización, lo que explicaría la aparición del subdominio KoT. Además de su escolarización previa, los EPM reciben formación curricular en sus estudios de grado, lo que explica la aparición del subdominio KMLS y su conexión con el KoT. Por su parte, en resultados de la pregunta 4 se obtienen valores similares a la pregunta 3 respecto a la emergencia del KoT y del KMLS, a pesar de que los EPM han manifestado informalmente no haber

recibido nunca instrucción sobre PC, la sesión de formación sobre PC recibida antes de la tarea puede justificar este resultado. Sin embargo, en la pregunta 5 los EPM mayoritariamente muestran evidencias del subdominio KMLS sin estar asociado al KoT, al contrario que en las preguntas 3 y 4. La pregunta indica que se deben identificar competencias específicas y explicar por qué, pero el alumnado únicamente realiza la identificación. En las preguntas 3 y 4, además de identificar el saber básico o la componente del PC (muestra de KMLS), explicaban el motivo de la identificación (muestra de KoT), mientras que en la pregunta 5 se observa que los EPM, mayoritariamente, identifican la competencia específica sin explicar el motivo.

Dentro de las investigaciones en el modelo MTSK no encontramos, de acuerdo con nuestra información, trabajos que hayan explorado la relación del KoT y el KMLS de los EPM con las competencias específicas y el PC, por lo que no es posible conectar este resultado con la literatura existente. Sin embargo, sí es posible realizar conjeturas acerca de su relación con resultados previos obtenidos al analizar el conocimiento de los EPM al resolver tareas matemáticas. Por un lado, el modelo de educación competencial en el que se relacionan los criterios de evaluación con competencias y no directamente con contenidos se ha implantado con la LOMLOE (MEFP, 2022), por lo que los EPM no dominan aún el papel curricular de las competencias como sí lo tienen de los saberes básicos, siendo posible que la competencia sea vista como algo ajeno o alejado de los temas (KoT). Por otro lado, el caso del PC es paradigmático en la LOMLOE, dado que aparece como competencia y como saber básico; así, los EPM muestran un conocimiento sobre el tema, tratando de explicar las componentes del PC como saberes básicos, pero sin asociarlo a las competencias, lo que refuerza la idea previa acerca de la dificultad para apropiarse de la noción de competencia.

En Vergara et al. (2021) se realiza un análisis similar al realizado en esta comunicación en una tarea eminentemente matemática, observando los subdominios KFLM y KMT de forma relacionada. Sin embargo, el análisis de los datos muestra que, al enfrentarse a una tarea de PC, los EPM no muestran evidencias de KMT, aunque sí de KFLM, como se acaba de comentar. Como se postula en Muñiz-Rodríguez et al. (2022), el no haber vivido esta experiencia, ni siquiera como discentes, hace que los EPM sean ajenos al conocimiento de KFLM sobre PC.

El análisis de la pregunta 6 revela que los EPM son capaces de aplicar conocimientos didácticos de la práctica matemática, manifestándose en los subdominios KFLM y KMLS. Además, también muestran su conocimiento de los temas, con un alto número de respuestas con evidencias de KoT. Esto es coherente con el estudio de Climent et al. (2016), en el que destacan que los EPM son capaces de mostrar un buen nivel de KFLM si está sustentado por un buen nivel de KoT. En este caso, la gran muestra de evidencias de KFLM no se acompaña únicamente de KoT, sino que el aprendizaje previo de las componentes del PC hizo que también se sustentara en un buen KMLS.

En la pregunta 6, además, se buscaron evidencias de creencias y concepciones sobre el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas. Se han evidenciado concepciones sobre metodología y actividad del docente en el aula, en concreto, los EPM creen que la diferenciación individual del alumnado sería el dinamizador ideal del aprendizaje. Estos resultados van en consonancia con Aguilar-González et al. (2019), donde se evidenciaban, como aquí, asociaciones frecuentes entre este tipo de concepciones y el KFLM.

Los resultados respaldan que los EPM evidencian conocimiento sobre los saberes básicos de matemáticas y sobre las componentes del PC, pero no sobre las competencias específicas del currículo. Dada la coincidencia de este hallazgo con Aguilar-González et al. (2019) y Muñiz-Rodríguez et al. (2022), podemos afirmar que el trabajo con el PC establece relaciones claras con el conocimiento matemático, lo que, a su vez, resulta consistente con el modelo de Palop et al. (2024), en el que se postula que las conexiones entre el PC y las matemáticas posibilitarían que los EPM muestren cierto conocimiento especializado en una tarea de PC. En este sentido, cabe comentar que, a pesar del desconocimiento de los EPM acerca de las diferentes definiciones y conceptualizaciones

del PC, han mostrado evidencias de conocimiento acerca de las componentes de este, mencionando las palabras más comunes y que, muy probablemente, ya conocieran de manera informal.

A partir de estos hallazgos, resulta pertinente plantearse la existencia de un modelo especializado de conocimiento respecto al PC. Este modelo se puede plantear mediante tres opciones:

- En primer lugar, si se considera que el PC es una parte del conocimiento matemático, ya estaría encajado dentro del modelo MTSK y únicamente habría que identificar y clasificar sus características en cada subdominio.
- En segundo lugar, considerando el conocimiento sobre PC como un constructo diferente al conocimiento matemático, pero asumiendo las evidentes relaciones entre ambos, podría ampliarse el modelo MTSK para añadirle las características no matemáticas del PC.
- En tercer lugar, si el PC y el conocimiento matemático se consideraran dominios de diferentes disciplinas, cabría la posibilidad de elaborar un modelo PCTSK, en el que se definirían las características del conocimiento computacional y didáctico-computacional (como en otras extensiones del modelo MTSK, por ejemplo, el BTSK de Luís y Carrillo, 2020).

De la misma forma que el modelo MTSK ha resultado de gran utilidad en la formación de profesorado, la caracterización del conocimiento sobre PC (en cualquiera de las tres opciones propuestas) contribuirá a definir propuestas de formación de profesores (Santaengracia et al., 2023), lo que respalda la necesidad de profundizar en esta línea de investigación.

FINANCIACIÓN

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el Ministerio de Educación y Formación Profesional a través de la Ayuda para la Formación de Profesorado Universitario (FPU) con número FPU21/05874 y por el proyecto PID2021-122180OB-100 del Ministerio de Ciencia e Innovación de España. Álvaro Aguilar-González y Luis J. Rodríguez-Muñiz pertenecen a la Red MTSK (<https://redmtsk.net/>).

Referencias

- Aguilar-González, Á., Muñoz-Catalán, M. C. y Carrillo, J. (2019). An Example of Connections between the Mathematics Teacher's Conceptions and Specialised Knowledge. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(2), em1664. <https://doi.org/10.29333/ejmste/101598>
- Barr, V. y Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is Involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2(1), 48–54. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>
- Brennan, K. y Resnick, M. (2012, April). New Frameworks for Studying and Assessing the Development of Computational Thinking. En *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada* (Vol. 1, p. 25).
- Carrillo-Yañez, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L. C., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, E., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., Aguilar-González, Á., Ribeiro M. y Muñoz-Catalán, M. C. (2018): The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236–253. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>
- Climent, N., Montes, M. A., Contreras, L. C., Carrillo, J., Liñán, M. M., Muñoz-Catalán, M., Barrera, V. J. y León, F. (2016). Construcción de conocimiento sobre características de aprendizaje de las matemáticas a través del análisis de videos. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, 9, 85–103. <https://doi.org/10.35763/aiem.v0i9.108>
- Dagiené, V. y Sentance, S. (2016). It's Computational Thinking! Bebras Tasks in the Curriculum. In: Brodник, A. y Tort, F. (Eds) *Informatics in Schools: Improvement of Informatics Knowledge and Perception. ISSEP 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9973. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46747-4_3

- Dagiene, V. y Dolgopulovas, V. (2022). Short Tasks for Scaffolding Computational Thinking by the Global Bebras Challenge. *Mathematics*, 10(17), 3194. <https://doi.org/10.3390/math10173194>
- Flores, E., Escudero, D. I. y Aguilar, A. (2013). Oportunidades que brindan algunos escenarios para mostrar evidencias del MTSK. En A. Berciano, G. Gutiérrez, A. Estepa y N. Climent (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVII* (pp. 275–282). SEIEM.
- Grover, S., Fisler, K., Lee, I. y Yadav, A. (2020). Integrating Computing and Computational Thinking into K-12 STEM Learning. En J. Zhang, M. Sherriff, S. Heckman, P. Cutter y Á. Monge (Eds.), *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 481-482). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3328778.3366970>
- Luís, M. y Carrillo, J. (2020). O modelo do conhecimento especializado do professor de Biologia (BTSK). *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11(7), 19–36. <https://doi.org/10.26843/10.26843/rencima.v11i7.2788>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional [MEFP]. (2022). Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, 52, de 2 de marzo de 2022, 24386–24504.
- Muñiz-Rodríguez, L., Valenzuela-Molina, M., Aguilar-González, Á. y Rodríguez-Muñiz, L. J. (2022). ¿Qué aprendemos sobre el conocimiento de los estudiantes para maestro a partir de su autoconcepto? En T. F. Blanco, C. Núñez-García, M. C. Cañadas y J. A. González-Calero (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXV* (pp. 391–399). SEIEM.
- Palop, B., Diaz, I., Rodríguez-Muñiz, L. J. y Santaengracia, J. J. (2024). A holistic approach to Computational Thinking in K-12 Education [manuscrito presentado para publicación]. Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Oviedo.
- Palts, T. y Pedaste, M. (2020). A model for developing computational thinking skills. *Informatics in Education*, 19(1), 113–128. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.06>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Rodríguez-Muñiz, L.J., Aguilar-González, Á., Lindorff, A. y Muñiz-Rodríguez, L. (2022). Undergraduates' conceptions of mathematics teaching and learning: an empirical study. *Educational Studies in Mathematics*, 109, 523–547. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10105-5>
- Santaengracia, J. J., Palop, B. y Rodríguez-Muñiz, L. J. (2023). Percepciones del profesorado sobre pensamiento computacional. Estudio de una formación. En C. Jiménez-Gestal, Á. A. Magreñán, E. Badillo y P. Ivars (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVI* (pp. 491–498). SEIEM.
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R. y Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148, 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- Vergara, L., Climent, N. y Codes, M. (2021). Construcción de conocimiento especializado a partir de una tarea formativa sobre visualización. En P.D. Diago, D. F. Yáñez, M. T. González-Astudillo y D. Carrillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXIV* (pp. 629 –636). SEIEM.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>