

¿QUÉ CONOCIMIENTO ESPECIALIZADO EMERGE TRAS UNA FORMACIÓN SOBRE PENSAMIENTO COMPUTACIONAL?

What specialized knowledge emerges after a computational thinking training?

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

^aUniversidad de Oviedo, ^bUniversidad Complutense de Madrid

Resumen

Este estudio analiza el conocimiento especializado que emergió entre docentes de educación primaria en activo al finalizar una formación sobre pensamiento computacional. La formación, de 14 horas, fue llevada cabo con 40 docentes de educación primaria, y abordó tanto aspectos conceptuales como didácticos del pensamiento computacional. Se realizó una categorización deductiva de las respuestas a una pregunta planteada al final de la formación. Se identificó una mayor presencia de subdominios del conocimiento didáctico del contenido, especialmente en estrategias de enseñanza y aprendizaje. También se apreció una fuerte conexión entre los contenidos de matemáticas y pensamiento computacional. Se concluye la necesidad de profundizar en los subdominios relacionados con el aprendizaje del pensamiento computacional y la posibilidad de incluir elementos del pensamiento computacional en el modelo MTSK.

Palabras clave: conocimiento especializado, formación docente, MTSK, pensamiento computacional.

Abstract

This study analyzes the specialized knowledge that emerges after a training on computational thinking. A 14-hour training was conducted with 40 primary school teachers, addressing both conceptual and didactic aspects of computational thinking. Content analysis of the responses to a question posed at the end of the training was performed. A greater presence of subdomains of pedagogical content knowledge was identified, particularly in teaching and learning strategies. It was also noted a strong connection between mathematics and computational thinking. It is concluded the need to deepen into the subdomains related to the learning of computational thinking, and the possibility of including of computational thinking elements into the MTSK model.

Keywords: computational thinking, MTSK, specialized knowledge, teacher training.

INTRODUCCIÓN

La incorporación del pensamiento computacional (en adelante, PC) en los currículos de matemáticas escolares en España y en otros países ha generado la necesidad de formar al profesorado tanto en conocimientos conceptuales como en estrategias didácticas para su enseñanza, dada la ausencia de conocimientos previos y la ausencia de experiencia vital como docente o discente en procesos de enseñanza-aprendizaje del PC. A falta de un modelo teórico adaptado al PC y dadas sus evidentes conexiones con las matemáticas, para analizar el impacto de estas formaciones en el conocimiento especializado del profesorado, resulta pertinente apoyarse en modelos teóricos como el *Mathematics Teacher's Specialised Knowledge* (MTSK) (Carrillo et al., 2018), que permiten explorar tanto el desarrollo del conocimiento especializado como la intersección entre matemáticas y PC.

El objetivo de este trabajo es explorar el conocimiento especializado, entendido según el modelo MTSK, que emergió en un grupo de 40 docentes en activo de educación primaria tras una formación disciplinar y didáctica sobre PC. A la vista del objetivo, se plantean las dos siguientes preguntas de

investigación: (1) ¿Qué subdominios del modelo MTSK emergen con las actividades propuestas en esta formación sobre PC? Y (2) ¿Cómo se relaciona el conocimiento especializado de matemáticas con el conocimiento especializado de PC?

MARCO TEÓRICO

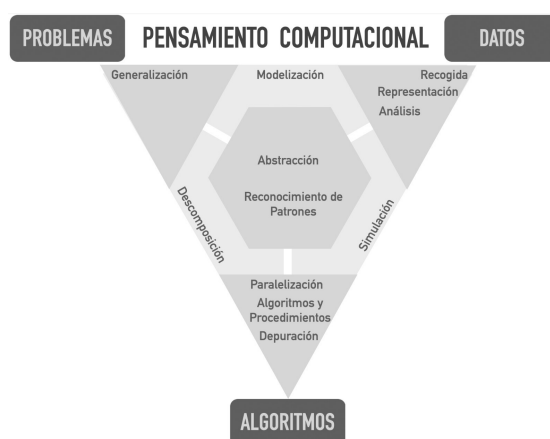
Pensamiento computacional

El término PC fue popularizado por Jeannette Wing (2006), quien lo conceptualizó como una práctica basada, fundamentalmente, en la resolución de problemas a través de la informática. Desde entonces, múltiples estudios han explorado el término y su aplicación en la educación. Sin que exista aún un consenso absoluto sobre su definición (Tang et al., 2020), es posible vislumbrar determinadas características comunes en las diferentes propuestas teóricas. Entre las corrientes teóricas destacan las que entienden que el PC es un proceso esencialmente basado en la resolución de problemas (p. ej., Palts y Pedaste, 2020). Barr y Stephenson (2011) consideran que, además de la resolución de problemas, debe existir una herramienta informática de por medio. Brennan y Resnick (2012), con una visión más metodológica que epistemológica, dividen el PC en tres partes: conceptos, prácticas y perspectivas computacionales, basándose las dos primeras categorías en la algoritmia y la tercera en competencias generales tales como expresar o comunicar. Una de las conceptualizaciones más aplicadas a la educación y más reconocida en la enseñanza del PC es la que propone el proyecto Bebras (Dagiene y Dolgopolas, 2022), un concurso educativo que propone problemas basados en contenidos informáticos diseñados para desarrollar componentes del PC, como el pensamiento algorítmico, la descomposición, la abstracción, la evaluación y la generalización.

En este trabajo se adopta el modelo de tres pilares (MTP) propuesto en Palop et al. (2025), en el que se da una mayor importancia a los datos frente a otros modelos propuestos anteriormente, situándolos como un pilar fundamental y al mismo nivel que los algoritmos y la resolución de problemas computacionales. Según este modelo, el PC se define como “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). Según este modelo, el PC se estructura en tres pilares: datos, problemas y algoritmos, con distintas componentes que representan habilidades, competencias o dimensiones y que se relacionan con distinta intensidad con estos pilares (Figura 1).

Figura 1

Conceptualización del modelo de tres pilares (MTP). Palop et al. (2025, p. 14).



Modelo MTSK

MTSK es un modelo analítico que busca caracterizar el conocimiento especializado del profesorado de matemáticas (Carrillo et al., 2018). Se estructura en tres dominios que, a su vez, se dividen en varios subdominios.

Conocimiento Matemático (MK, por sus iniciales en inglés): engloba el saber matemático que tiene un docente. Se subdivide en tres subdominios. El Conocimiento de los Temas (KoT) abarca el dominio de conceptos matemáticos, sus propiedades, fundamentos y distintos modos de representación, así como los procedimientos y la fenomenología o aplicaciones asociadas a cada tema. El Conocimiento de la Estructura Matemática (KSM) se refiere a la interconexión entre los distintos entes matemáticos, las relaciones entre conceptos y la estructura interna de la disciplina. El Conocimiento de la Práctica Matemática (KPM) comprende las formas en las que se desarrolla y valida el conocimiento matemático, incluyendo la argumentación y demostración.

Conocimiento Didáctico del Contenido (PCK): está relacionado con el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. También se compone de tres subdominios. El Conocimiento de la Enseñanza de las Matemáticas (KMT) engloba el dominio de estrategias, recursos y enfoques didácticos y pedagógicos necesarios para la enseñanza efectiva de las matemáticas. El Conocimiento de las Características del Aprendizaje Matemático (KFLM) se centra en la comprensión de cómo aprenden los estudiantes, abordando aspectos como dificultades, fortalezas y formas de interacción con el contenido. Por último, el conocimiento de los Estándares de Aprendizaje de las Matemáticas (KMLS) incluye el conocimiento sobre los objetivos curriculares y las expectativas de aprendizaje establecidas para cada nivel educativo.

El tercer dominio, de Creencias y Concepciones sobre la Matemática y su Enseñanza y Aprendizaje, reconoce la influencia que las creencias y concepciones del docente tienen sobre su conocimiento didáctico y matemáticos. Estas ideas afectan sus decisiones en el aula y su percepción sobre cómo los estudiantes deben aprender matemáticas (Aguilar-González et al., 2018).

Formación continua del profesorado en PC

La inclusión del PC en los currículos educativos internacionales y, en particular, en España con la LOMLOE, plantea el problema de diseñar formación inicial y continua del profesorado sobre PC tanto a nivel disciplinar como didáctico. Dado que muchos docentes carecen de formación específica en aspectos relacionados con aspectos computacionales, esto puede dificultar la llegada del PC al aula (García-Peñalvo y Mendes, 2018). Esta carencia podría también generar resistencia entre los docentes o derivar en una integración superficial del PC en la enseñanza de las matemáticas (Hubbard, 2018).

Darling-Hammond et al. (2017) destacaron que una formación efectiva debe incluir experiencias prácticas, talleres y reflexión sobre la enseñanza, evitando un enfoque basado únicamente en la recepción de información. Por lo tanto, para abordar el PC en el desarrollo profesional del profesorado se debe fomentar su participación. En este sentido, Weintrop et al. (2016) y Bower et al. (2017) señalaron que la integración de conceptos teóricos y estrategias didácticas permea la docencia incluso con formaciones de corta duración. Para abordar este desafío, desde la investigación se han desarrollado diferentes programas formativos sobre PC para el profesorado de educación primaria y secundaria (por ejemplo, Santaengracia et al., 2023a, 2023b), descubriendo el efecto positivo en las actitudes y mostrando una mayor iniciativa a introducirlo en el aula.

MÉTODO

Esta comunicación se enmarca en un estudio de caso exploratorio (Simons, 2008). Para el análisis de los datos, se empleó una clasificación deductiva doble sobre los datos obtenidos (Mayring, 2014).

Participantes

Los participantes de este estudio fueron 40 docentes de educación primaria en activo de las Islas Baleares, que se forman como futuros acompañantes de otro profesorado, en un proyecto en cascada organizado por la Consejería de Educación y Universidad. Los investigadores diseñaron la formación y la pusieron en práctica, informando a los participantes sobre la recogida de información anónima con fines de investigación, para lo que todos los participantes dieron su consentimiento.

Diseño de la formación

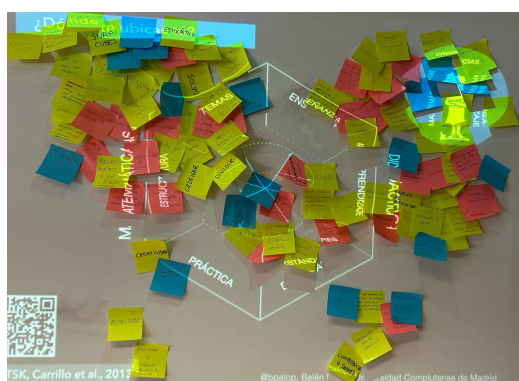
La formación transcurrió en dos días de noviembre de 2024, con una duración total de 14 horas. Se realizaron varias sesiones y talleres prácticos, en grupos, en torno al PC y su didáctica en educación primaria. Esta formación se rediseñó sobre la base de Santaengracia et al. (2023a, 2023b) a partir del análisis de la realimentación recibida por los participantes en las formaciones anteriores, modificando ligeramente cuatro de los talleres, eliminando uno de ellos e incluyendo tres nuevos, como se explica a continuación. La formación comenzó con la aproximación teórica al PC a partir del MTP de Palop et al. (2025) y, a continuación, se sucedieron siete talleres con el siguiente esquema: (1) Algoritmos de ordenación, desarrollados manipulativamente. (2) Sentido estocástico y PC, a través de *Dollar Street*. (3) Sentido numérico y algebraico y PC, a través de *Exploding Dots*® (Global Math Project y Buzzmat, 2023). (4) Charla aproximación al sentido socioafectivo. (5) Simulación de datos con hoja de cálculo. (6) PC desenchufado, con el material Bebras® (Dagiene y Dolgopolas, 2022). (7) Scratch® online (Massachusetts Institute of Technology, s.f.). La formación finalizó con una ponencia en la que se analizó el PC en el nuevo currículo de matemáticas.

Recogida de datos

Al finalizar la formación se realizó la recogida de datos a través de la dinámica de recogida de información cualitativa Metaplan® (2015), que permite obtener información acerca de ideas, planes y opiniones y organizarla conceptualmente, siendo exitosa en formación continua de docentes (Muñiz-Rodríguez y Rodríguez-Muñiz, 2021). Para llevar a cabo la recogida se proporcionó la siguiente instrucción: “Por grupos, tomad pósits y escribid ideas que este curso os haya sugerido (una idea-un pósit). por ejemplo: saberes (conceptos, contenidos, procedimientos), actividades, prácticas, ideas relacionadas con el currículo, con tu actividad profesional, con tu alumnado, con tu formación, etc.”. Tras cinco minutos, siguiendo la dinámica Metaplan®, los investigadores recogieron los pósits, discutiendo las ideas comunes y las diferencias y agruparon conceptos e ideas similares de manera organizada en una pizarra blanca. Tras recoger y discutir todas las ideas, se proyectó en la pizarra el hexágono del modelo MTSK, realizando una reflexión conjunta acerca del modelo MTSK a partir de sus respuestas. Los investigadores, conocedores de la intención de la actividad, organizaron los pósits de manera que se colocasen cerca del lugar físico que el subdominio correspondiente ocuparía al ser proyectado el hexágono del MTSK (Figura 2).

Figura 2

Categorización en directo de las ideas propuestas por los docentes. Fuente: elaboración propia.



Análisis de datos

Además del agrupamiento propio del Metaplan®, realizado *in situ*, se realizó posteriormente una clasificación deductiva de las respuestas recogidas en los pósits, categorizándolas en función de los subdominios del modelo MTSK, independientemente de si los términos se referían a matemáticas, a PC o a su intersección. De manera independiente, los tres investigadores, que cuentan con amplia

experiencia tanto en PC como en el modelo MTSK, realizaron la clasificación, triangulando en una segunda fase las respuestas. Tras categorizar las respuestas respecto al subdominio, de nuevo a través de una clasificación deductiva, se categorizaron las respuestas dependiendo de si se referían a PC, matemáticas o ambos campos simultáneamente.

RESULTADOS

Subdominios y campos

Para clasificar las ideas producidas por el profesorado se utilizaron las definiciones de cada subdominio proporcionadas en el marco del MTSK, identificando todos los subdominios presentes en cada idea. Así, siempre que apareció, por ejemplo, un recurso, se categorizó como KMT o cuando apareció, por ejemplo, un contenido concreto, ya fuera de PC o de matemáticas, se categorizó como KoT. Adicionalmente, se realizó otra clasificación deductiva identificando si las ideas de los pósitos se referían únicamente a matemáticas (p. ej., sistema decimal o matemáticas manipulativas), a PC (p. ej., Bebras o PC no son solo robots) o bien a ambos campos de forma simultánea (p. ej., transversalidad, binario o DUA). A partir de estas dos clasificaciones se elabora la Tabla 1.

Tabla 1

Frecuencia de aparición por subdominio y campos

Subdominio	KoT	KSM	KPM	KMT	KFLM	KMLS	Creencias
PC	3	3	0	5	0	1	0
Matemáticas	2	2	0	0	3	0	0
Ambos	10	9	10	29	19	5	3
Total	15	14	10	33	22	6	3

A la vista de los resultados, se destaca una mayor concentración en el dominio PCK, específicamente en los subdominios KMT y KMLF, aunque el subdominio KMLS tiene una muy baja frecuencia de apariciones. Por el contrario, los subdominios del MK tienen una distribución equilibrada de apariciones, aunque menor en términos absolutos que las frecuencias del dominio PCK. A nivel general, se aprecia que el profesorado conectó ambos campos para la mayoría de los subdominios, mostrando ideas que se refieren únicamente a uno de ellos de forma más anecdótica (como Bebras referido al PC o sistema decimal referido únicamente a matemáticas). Esto se refleja especialmente en el subdominio KPM, en el que las ideas se refieren a prácticas tanto matemáticas como computacionales, con ideas como enseñar a pensar, extrapolar resultados o metacognición. Se destaca también la ausencia de ideas relacionadas únicamente con matemáticas en el KMT, apartado en el que fundamentalmente se han detectado metodologías aplicables a ambos campos y recursos orientados a la enseñanza del PC. En el subdominio KFLM, al contrario que en el KMT, no se encuentran referencias únicas al PC mientras que sí se observan a las matemáticas y, además, las ideas comunes se refieren fundamentalmente a la atención a la diversidad y el sentido socioafectivo.

Relación entre las ideas en cada subdominio

Dentro del dominio MK, en el subdominio KoT, los docentes identificaron tanto conceptos básicos del PC (por ejemplo: código binario, creación de algoritmos, sistemas de ordenación) como matemáticos (por ejemplo: sistema decimal, números y operaciones). Además de esto, los docentes expresaron ideas como “conocer la fundamentación teórica del PC y de la estocástica”, conectando de nuevo ambos campos. En el KSM la idea más repetida fue la transversalidad y la conexión del PC con las matemáticas, apareciendo otras expresiones como: conexión PC-matemáticas-informática, apertura de mirada hacia el pensamiento matemático, o, simplemente, transversalidad de materias y conceptos. Por su parte, en el KPM, las ideas reflejaron una atención hacia los procesos de razonamiento propios de las matemáticas y del PC, tales como modelizar, reflexión sobre el proceso, metacognición o construcción del pensamiento. En este apartado, sin embargo, no se hizo referencia alguna a la lógica matemática formal o los axiomas matemáticos.

Dentro del dominio PCK, en el KMT, los docentes centraron su atención en recursos para la enseñanza del PC y las matemáticas, mencionando algunos como: Bebras® (Dagiene y Dolgopolas, 2022), Scratch® (Massachusetts Institute of Technology, s.f.) y Mathigon, y metodologías específicas, como la *Thinking Classroom* (Liljedahl, 2021). En el KFLM, las ideas mostraron una especial preocupación por la diversidad en el aprendizaje y el sentido socioafectivo, destacando temas como: ansiedad matemática, el aprendizaje significativo, el DUA, la flexibilidad del tiempo y los sesgos de género en el aprendizaje de las matemáticas y del PC. Por último, el KMLS fue el subdominio con menor cantidad de ideas asociadas. Entre ellas se sugirió una falta de claridad en la integración del PC dentro del currículo. No obstante, los docentes mostraron ideas referidas a los sentidos del currículo e incluso llegaron a plantear si el PC es una competencia o un saber (recuérdese que en el currículo aparece de ambas formas).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos reflejan que las actividades propuestas contribuyen a la construcción del conocimiento especializado del profesorado en matemáticas y PC dada la aparición de términos que reflejan conocimiento sobre el contenido y la didáctica de la matemática y el PC así como de sus conexiones. Como primer ejemplo, a diferencia de otros estudios en los que el KoT suele predominar por encima del resto de subdominios (e.g., Muñiz-Rodríguez et al., 2022), los resultados revelan un predominio del PCK, específicamente de los subdominios KMT y KFLM. A lo largo de la formación, si bien se profundizó en conceptos teóricos, tanto los formadores como el profesorado han dado suma importancia a la didáctica a través de los recursos y metodologías presentadas, lo que refuerza la idea de la necesidad de formar en un cuerpo de conocimiento tanto teórico como aplicado (Darling-Hammond et al., 2017) lo que es reflejado en el predominio del subdominio KMT, específicamente referido a recursos por encima del resto.

Más allá de los recursos expuestos por el profesorado catalogados dentro del KMT, dentro del KFLM, se observa que, principalmente, las ideas están referidas al sentido socioafectivo (lo cual resulta lógico al haber realizado una charla sobre ello). Sin embargo, dentro de este subdominio no encontramos ninguna referencia al aprendizaje del PC *per se*. En Climent et al. (2016), se propone que el KFLM debe estar sustentado por un buen nivel de KoT como condición necesaria pero no suficiente para ser construido y, en este caso, aun mostrando un buen nivel de KoT, no se encuentra ninguna palabra referida al KFLM respecto al PC. En respuesta a esto hay que tener en cuenta que Muñiz-Rodríguez et al. (2022) proponen que el no haber vivido el proceso de enseñanza-aprendizaje de un contenido influye en no conocer cómo se aprende; si a este hecho le añadimos que la didáctica del PC está aún en desarrollo podemos concluir que el cuerpo de conocimiento especializado relativo al PC dentro del KFLM aún debe ser construido, con nueva investigación al respecto. En contraste con los dos subdominios mencionados, se observa una muy baja presencia de KMLS. No se puede concluir que este subdominio no se trabajó en la formación, ya que se abordó en distintos momentos, pero los datos sugieren que no fue una preocupación prioritaria para el profesorado o que no lo percibieron como un elemento clave en su aprendizaje.

Si, además de en el PCK también nos fijamos en los conceptos dentro del MK, los docentes muestran ideas que establecen fuertes conexiones entre las matemáticas y el PC, así como otros bien diferenciados, determinando ideas que únicamente se pueden asociar a cada uno de los campos. Como se apuntó en Santaengracia et al. (2024, p. 495) respecto a las posibles inclusiones del PC en el modelo MTSK, a la vista de las relaciones evidenciadas en este trabajo, y considerando las diferencias entre ambos campos, sería razonable plantear una ampliación del modelo MTSK con las ideas únicamente computacionales. Estas ideas podrían tener cabida en cada uno de los subdominios en forma de recursos, cuerpos de conocimiento, o formas de proceder propias del PC, como se ejemplifica en Palop et al. (2025).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos reflejan que la formación en PC ha contribuido al desarrollo del conocimiento especializado del profesorado en todos los subdominios, destacando especialmente los subdominios KMT y KFLM, siendo los que más apariciones tienen al haber dado a conocer tanto recursos como características del aprendizaje del PC y las matemáticas. La excepción ha sido el KMLS, que ha emergido en menor medida. Asimismo, se constata que la formación planteó adecuadamente la conexión entre el PC y las matemáticas, a la vista de las ideas que emergieron.

Este tipo de análisis también aportan información para la mejora del diseño de futuras formaciones en PC al permitir identificar tanto los aspectos que los docentes perciben como relevantes como aquellos que requieren mayor atención. En particular, la baja presencia del KMLS obliga a reflexionar sobre las posibles causas de su escasa aparición, replanteando su tratamiento en futuras ediciones.

Por último, debemos señalar algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, varias de las ideas expresadas por los docentes no han podido ser analizadas bajo el marco del modelo MTSK por no poder catalogarse de conocimiento docente (como por ejemplo opiniones sobre la formación o frases sin relación directa) lo que impide una categorización completa de todas las ideas emergentes. En segundo lugar, aunque en el Metaplan® se recogieron percepciones del profesorado, no se realizaron entrevistas en profundidad que permitieran explorar con mayor precisión sus conocimientos y creencias sobre el pensamiento computacional y su enseñanza.

Referencias

- Aguilar-González, A., Muñoz-Catalán, C., Carrillo-Yáñez, J. y Rodríguez-Muñiz, L. J. (2018). ¿Cómo establecer relaciones entre conocimiento especializado y concepciones del profesorado de matemáticas? *PNA*, 13(1), 41-61. <https://doi.org/10.30827/pna.v13i1.7944>
- 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>
- Bower, M., Wood, L. N., Lai, J. W., Howe, C. y Lister, R. (2017). Improving the computational thinking pedagogical capabilities of school teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, 42(3), 53-72. <https://doi.org/10.14221/ajte.2017v42n3.4>
- Brennan, K. y Resnick, M. (2012). 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-Yáñez, 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>
- Dagiene, V. y Dolgopolas, V. (2022). Short tasks for scaffolding computational thinking by the global Bebras challenge. *Mathematics*, 10(17), 31-94. <https://doi.org/10.3390/math10173194>
- Darling-Hammond, L. (2017). Teacher education around the world: What can we learn from international practice? *European Journal of Teacher Education*, 40(3), 291-309. <https://doi.org/10.1080/02619768.2017.1315399>

- García-Peñalvo, F. J. y Mendes, A. J. (2018). Exploring computational thinking in primary education. *Computers in Human Behavior*, 80, 74-78. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.10.007>
- Global Math Project y Buzzmat, (13 de marzo de 2023). *The Exploding Dots Experience – The Global Math Project. Exploding Dots*. <https://www.explodingdots.org/>
- Hubbard, A. (2018). Pedagogical content knowledge in computing education: A review of the research literature. *Computer Science Education*, 28(2), 117–135. <https://doi.org/10.1080/08993408.2018.1509580>
- Liljedahl, P. (2021). *Building thinking classrooms in mathematics, grades K-12: 14 teaching practices for enhancing learning*. Corwin Mathematics.
- Massachusetts Institute of Technology (s.f.). *Scratch - Imagine, Program, Share*. Scratch. <https://scratch.mit.edu/>
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Beltz.
- Metaplan (2015). *Metaplan® basic techniques: Moderating group discussions using the Metaplan approach*. Metaplan.
- Muñiz-Rodríguez, L. y Rodríguez-Muñiz, L. J. (2021). Análisis de la práctica docente en el ámbito de la educación estadística en educación secundaria. *Paradigma*, 42(Extra 1), 191-220. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.P191-220.ID1023>
- 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., Díaz, I., Rodríguez-Muñiz, L. J. y Santaengracia, J. J. (2025). Redefining computational thinking: A holistic framework and its implications for K-12 education. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13297-4>
- 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>
- Santaengracia, J. J., Aguilar-González, A., Palop, B. y Rodríguez-Muñiz, L. J. (2024). Conocimiento especializado de estudiantes para maestro/a en una tarea sobre pensamiento computacional. En N. Adamuz-Povedano, E. Fernández-Ahumada, N. Climent y C. Jiménez-Gestal (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVII* (pp. 489-496). SEIEM.
- Santaengracia, J. J., Palop, B. y Rodríguez-Muñiz, L. J. (2023a). Percepciones del profesorado sobre pensamiento computacional. Estudio de una formación. En C. Jiménez-Gestal, Á. A. Magreñán, E. Badillo, E. y P. Ivars (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVI* (pp. 491-498). SEIEM.
- Santaengracia, J. J., Rodríguez-Muñiz, L. J. y Palop, B. (2023b). Diseño de una formación sobre el pensamiento computacional con un enfoque multidimensional. En A. P. Canavaro, I. Cabrita, N. Branco, R. Ferreira y T. Neto (Eds.), *Atas do Encontro de Investigação em Educação Matemática. EIEM 2023: Resolução de Problemas* (pp. 184-188). SPIEM.
- Simons, H. (2008). *Case study research in practice*. SAGE.
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R. y Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148, 103-798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M. S., Orton, K., Jona, K., Trouille, L. y Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>