

## EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN EL CURRÍCULO DE MATEMÁTICAS DE LA ENSEÑANZA BÁSICA Y LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO: ¡UNA SEGUNDA OPORTUNIDAD!

Jacinto Quevedo Sarmiento, Rubén Lijó Sánchez<sup>1</sup> y

Eduardo Quevedo Gutiérrez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universidad de La Laguna*

<sup>2</sup> *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*

### Resumen

El pensamiento computacional se considera una competencia universal, que debe agregarse a la capacidad analítica de cada niño como un ingrediente vital en su aprendizaje escolar. En este artículo se presenta una reflexión sobre qué es el pensamiento computacional, así como una revisión del enfoque mediante el cual plantear su enseñanza tanto desde la perspectiva de contenidos como metodológica. En primer lugar, se ubica el pensamiento computacional en el trabajo de Papert con LOGO, y se presenta la experiencia adquirida con el diseño y realización del Proyecto Ábaco '85, desarrollado en la década de los 80 del siglo XX por la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias (España). Posteriormente, tras un salto de aproximadamente 40 años, se han revisado los estudios previos del Ministerio de Educación y Formación Profesional del Gobierno de España, así como del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado y varias Comunidades Autónomas españolas y empresas especializadas. Estos estudios cristalizan en una propuesta normativa para la integración del pensamiento computacional en el currículo de la enseñanza básica, que muestra una estrecha relación con el nuevo currículo de la LOMLOE y la integración explícita del pensamiento computacional en todos los niveles, que se puede hacer efectiva desde las áreas y materias de matemáticas. En último lugar, y como objetivo principal, se plantea el inicio de una investigación sobre cómo llevar a cabo la formación del profesorado en cada nivel a partir del desarrollo de una revisión sistemática basada en la metodología PRISMA, para lograr la efectiva inserción curricular del pensamiento computacional en las aulas de matemáticas de la Comunidad Autónoma de Canarias. Como conclusión, esta incorporación del pensamiento computacional en el currículo de matemáticas de la enseñanza básica da una segunda oportunidad, después de aquellas ideas

iniciales de Papert, a la integración efectiva del pensamiento computacional en las aulas.

Palabras clave: *Didáctica de las Matemáticas, Formación del Profesorado, LOMLOE, Pensamiento Computacional, Tecnología Educativa.*

### **Abstract**

Computational thinking is considered a universal competence, which must be added to each child's analytical ability as a vital ingredient in their school learning. This article presents a reflection on what computational thinking is, as well as a review of the approach through which to present its teaching both from the content and methodological perspective. In the first place, computational thinking is located in Papert's work with LOGO, and the experience acquired with the design and realization of the *Ábaco '85* Project, developed in the 1980s by the Department of Education of the Government of the Canary Islands (Spain). Subsequently, after a jump of approximately 40 years, the previous studies of the Ministry of Education and Vocational Training of the Government of Spain have been reviewed, as well as the National Institute of Educational Technologies and Teacher Training, and various Spanish Autonomous Communities and specialized companies. These studies crystallize in a normative proposal for the integration of computational thinking in the basic education curriculum, which shows a close relationship with the new LOMLOE curriculum and the explicit integration of computational thinking at all levels and can be made effective from the areas and subjects of mathematics. Lastly, and as the main objective, the start of a further research study on how to carry out teacher training at each level is proposed, taking as reference the development of a systematic review based on the PRISMA methodology, to achieve the effective curricular insertion of computational thinking in mathematics classrooms in the Autonomous Community of the Canary Islands. In conclusion, this incorporation of computational thinking in the basic education mathematics curriculum gives a second chance, after Papert's initial ideas, to the effective integration of computational thinking in the classroom.

Keywords: *Computational Thinking, Didactics of Mathematics, Educational Technology, LOMLOE, Teacher Training.*

## **Introducción**

Según la definición planteada por Jeanette Wing (2006), el pensamiento computacional implica “resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano mediante los conceptos fundamentales de la informática (...) Representa una actitud y un conjunto de habilidades de aplicación que todos, no solo los informáticos, deberían aprender y utilizar”.

El pensamiento computacional se basa en los conceptos de núcleo de las Ciencias de la Computación, pero los dos no son idénticos. Si bien la informática es una disciplina académica por derecho propio, que estudia los ordenadores y los sistemas computacionales, el pensamiento computacional se refiere a los procesos de pensamiento que intervienen al resolver problemas complejos y al generalizar y transferir este proceso de resolución de problemas a una amplia variedad de contextos. La relación entre el pensamiento computacional y las ciencias de la computación queda bien expresada en un informe de la Royal Society (2012) sobre la presencia de la computación en las escuelas de Reino Unido. En él, se presenta al pensamiento computacional como “el proceso de reconocer aspectos de la computación en el mundo que nos rodea, y aplicar herramientas y técnicas de las Ciencias de la Computación para comprender y razonar sobre sistemas y procesos tanto naturales como artificiales”.

Tras una revisión inicial de la literatura disponible, se observa que existe consenso en el hecho de que el pensamiento computacional es mucho más que simplemente programación. Sin embargo, la programación sí es una herramienta importante para ayudar a desarrollar las habilidades del pensamiento computacional, tal y como lo expresa Resnick: “el pensamiento computacional es más que la programación, pero solo de la misma manera en que la alfabetización lingüística es más que la escritura. Ambos son muy importantes. Sí, es más, pero no minimices la programación solo porque es más... La programación, como la escritura, es un medio de expresión y un punto de entrada para desarrollar nuevas

formas de pensar” (National Research Council, 2010).

No existe una definición clara para el concepto de pensamiento computacional, y la tensión principal en el intento de definirlo tiene relación con la definición de las competencias “centrales” del pensamiento computacional frente a las competencias más “periféricas”. Argumentamos que, con el fin de conceptualizar el pensamiento computacional e integrarlo en la educación, no debemos tratar de dar una definición central del pensamiento computacional, sino más bien tratar de encontrar similitudes y relaciones en las discusiones sobre el pensamiento computacional. Encontrar estas similitudes y relaciones conducirá a una descripción más concisa de lo importante para el pensamiento computacional y cómo integrarlo en el currículo. En esta línea, se han realizado algunos trabajos sobre la integración del Pensamiento Computacional en el currículo, lo que ha dado como resultado marcos curriculares, principalmente los Principios y Estándares Curriculares en los Estados Unidos y el Currículo Nacional en Inglaterra (CSTA and ISTE, 2011; Government of the United Kingdom, 2013).

Una cuestión importante para la implementación del pensamiento computacional en la práctica educativa es la preparación cuidadosa de los maestros y el desarrollo de sus competencias digitales y tecnológicas en paralelo a las competencias pedagógicas y de contenido, tal cual se expresa como objetivo en los marcos TPACK y DigCompEdu (Mishra & Koehler, 2006; Redecker & Punie, 2017). Para los profesores de Ciencias de la Computación, esto implica aprender a vincular los conceptos básicos de estas ciencias con el pensamiento computacional y con otros dominios del currículo. Asimismo, los profesores de otros dominios deben familiarizarse con los conceptos básicos del pensamiento computacional. En esta línea, Yadav *et al.* (2011, 2014) incorporaron el pensamiento computacional enfocado a Estudiantes para Maestro (EPM) sin experiencia previa en informática, destacando cómo las ideas del pensamiento computacional se pueden utilizar en la vida diaria. Los conceptos de pensamiento

computacional (como la identificación, descomposición de problemas, abstracción, pensamiento lógico, algoritmos y depuración) se ilustraron con ejemplos concretos de la vida cotidiana para relacionar las terminologías con las experiencias personales de los EPM. Estos escenarios de la vida diaria ayudaron a los estudiantes a encontrar los conceptos personalmente significativos, así como a descubrir la naturaleza ubicua del pensamiento computacional en la vida cotidiana.

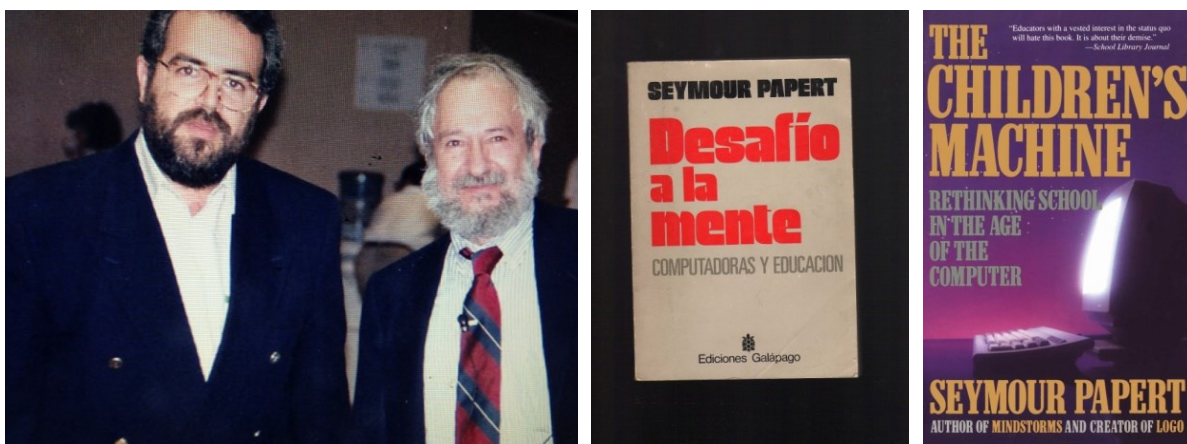
La investigación sobre la integración del pensamiento computacional en la educación es aún escasa, en particular focalizada a cómo desarrollarlo en estudiantes de disciplinas distintas a las Ciencias de la Computación. Además, la afirmación de que desarrollar el pensamiento computacional también aumenta la capacidad del alumnado para lidiar con problemas complejos y abiertos debe estudiarse en mayor profundidad. Y, finalmente, se necesita un conocimiento más profundo sobre el papel de la programación como herramienta en el desarrollo del pensamiento computacional.

Es por ello por lo que el presente artículo presenta como principal objetivo la revisión de aquellos elementos que definen al pensamiento computacional, así como de referencias previas que plantean abordar su enseñanza desde el aula de matemáticas. Este contexto servirá de punto de partida para sentar las bases y criterios con los que abordar una revisión sistemática de la literatura en futuros trabajos bajo la metodología PRISMA, presentando las preguntas de investigación con las que abordar dicha revisión sistemática, así como el protocolo de revisión que se llevará a cabo.

### **El lenguaje LOGO y los Micromundos**

Al remontarnos a los orígenes del pensamiento computacional, cobra relevancia la investigación de Seymour Papert con el lenguaje de programación LOGO. Mientras que Papert se refirió al pensamiento computacional en su libro

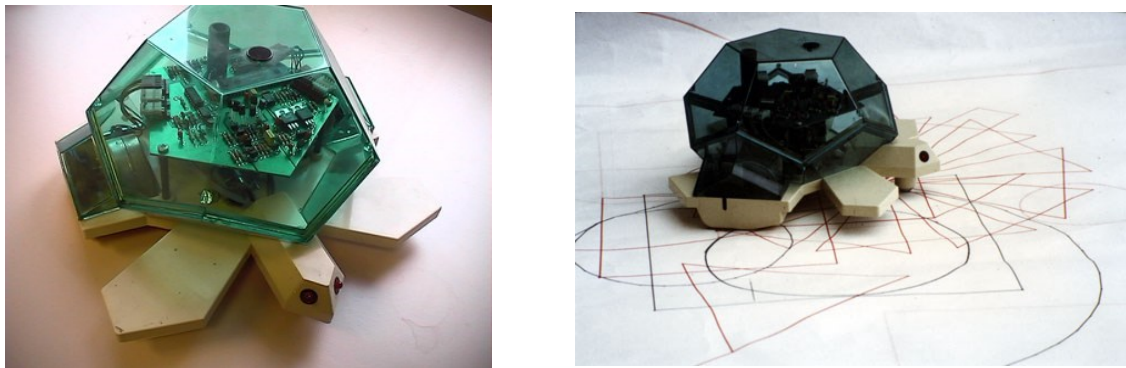
“Desafío a la mente” (ver Figura 1), así como otros de sus escritos (Papert, 1980, 1991), no está claro si se refería al mismo constructo descrito por Wing (2006). La parte de su trabajo que nos interesa trata sobre la relación entre la programación y las habilidades de pensamiento. Papert postuló que los estudiantes, a través de la creación de micromundos utilizando el lenguaje de programación LOGO, se convertirían en aprendices de epistemólogos. Al pensar en la programación, los estudiantes se volverían expertos en pensar sobre el pensamiento; por lo tanto, Papert pensó que este uso de la tecnología desarrollaría habilidades en los estudiantes que se transferirían a contextos no programados tanto dentro como fuera del aula.



*Figura 1. Jacinto Quevedo con el profesor Seymour Papert en el WCCE en Sydney-Australia en 1990, y las dos obras en las que Papert presentó sus teorías sobre la influencia de LOGO en la educación de los niños.*

Según la psicología cognitiva, el proceso de construcción del conocimiento se realiza a base de introducir informaciones nuevas sobre el objeto del conocimiento, de tal forma, que produzcan un desfase óptimo con informaciones anteriores sobre el mismo objeto que ya fueron asimiladas por el individuo. El avance se produce a través del proceso que el sujeto sigue, para superar el desfase y restablecer el equilibrio. La gradación que se puede seguir con el trabajo con Logo y la no necesidad de conocimientos previos para acceder a él, convierten a éste en candidato idóneo para producir aprendizajes con desfases óptimos. Precisamente en estos desfases, que no siempre se resuelven favorablemente al

primer intento, resultan de gran ayuda los errores cometidos, porque inducen a buscar soluciones nuevas y éstas restablecen el equilibrio antes mencionado. La concreción gráfica del LOGO, a través de la tortuga (ver Figura 2), es un instrumento excepcional para que el alumno compruebe e identifique el error que existe entre lo que planteó y lo que realizó.



*Figura 2. La Tortuga LOGO.*

En las manos del niño se depositaba con LOGO una herramienta que permitía, obviando los tecnicismos, desarrollar la imaginación sobre todo por medio de los micromundos, otro invento de Papert, definido como incubadoras de ideas poderosas.

### **El Proyecto Ábaco '85**

En 1984, la lectura de la obra de Papert coincidió con un interés en la metodología y didáctica de las matemáticas y en el uso de los ordenadores en la educación impartida en las Islas Canarias (España). Y fue frenético formar profesores, crear modelos de trabajo (micromundos), hacer las aplicaciones en las aulas (en varias islas), realizar evaluaciones, etc. Era el Proyecto Ábaco'85 (Quevedo, 1987). Se llevaba a cabo de forma práctica la utilización del ordenador como herramienta en la enseñanza por descubrimiento. Sin embargo, los resultados obtenidos no fueron tan concluyentes, y el corto periodo de tiempo de aplicación no confirmó la hipótesis de Papert de que el uso continuado de un lenguaje como LOGO crearía nuevas habilidades cognitivas en los niños.

Tampoco otros de los resultados de estudios relacionados con LOGO fueron concluyentes. Pea et al. (1985) crearon una actividad, la planificación de las tareas del aula, que se diseñó cuidadosamente para brindar una oportunidad de transferencia de las tareas que habían realizado con LOGO. El grupo de tratamiento había recibido instrucción en LOGO durante más de un año. Sin embargo, su equipo no encontró pruebas de que los estudiantes con experiencia en LOGO tuvieran mejores habilidades de planificación para una tarea que no fuera de programación que sus compañeros sin experiencia en LOGO.

Por el contrario, Klahr y Carver (1988) encontraron que los estudiantes instruidos en habilidades de depuración mientras usaban LOGO experimentaron la transferencia de estas habilidades a un entorno sin programación. Al tratar de corregir los problemas con la puesta de una mesa o la planificación de una ruta de viaje, los estudiantes con experiencia en LOGO encontraron 'errores' en su proceso de una manera más efectiva que los estudiantes que no tenían experiencia de uso del LOGO. Estos efectos persistieron más allá de la instrucción de LOGO, y los resultados aún se mostraban cuatro meses después de que terminara la instrucción.

Estos dos estudios son solo dos ejemplos entre los muchos que se realizaron en la época con resultados contradictorios. Salomon y Perkins (1989) ofrecieron una posible explicación para estas diferencias. En resumen, es probable que la programación por sí sola no produzca resultados en el aprendizaje de los estudiantes, y es posible que la programación sea solo un contexto para la aplicación de las habilidades enseñadas de manera efectiva.

Estos hallazgos del trabajo de Papert con LOGO son los que se conectan con nuestra conceptualización del pensamiento computacional como la enseñanza de habilidades de pensamiento aplicadas a múltiples dominios. Podemos ver ecos de las teorías originales de Papert en el impulso de la instrucción de programación para enseñar habilidades mentales. En cierto sentido, el pensamiento



computacional en su evolución está tomando este marco existente de "programa para aprender habilidades mentales" y dándole la vuelta. Si el objetivo es aprender habilidades mentales generales que se aplican a múltiples dominios, las nuevas concepciones del pensamiento computacional preguntan: ¿por qué no aprender esas habilidades explícitamente dentro de múltiples dominios? Esto se alinea con las críticas de Salomon y Perkins (1989) en que los métodos de instrucción y su enfoque en las habilidades generales constituyen la estrategia más efectiva para garantizar la transferencia, en lugar de un enfoque exclusivo hacia la programación de ordenadores. De hecho, la programación informática puede seguir siendo uno de los contextos en los que trabajamos, pero no debería ser el único.

### **El pensamiento computacional en el currículo de la LOMLOE**

A lo largo del pasado año 2022, se publicó en España la Ley Orgánica por la que se Modifica la Ley Orgánica de Educación de 2006 (Gobierno de España, 2020), estableciendo el marco a partir de entonces conocido como LOMLOE. A partir de entonces, se publicaron los distintos decretos que establecen la ordenación y enseñanzas mínimas de las distintas etapas educativas (Gobierno de España, 2022a, 2022b, 2022c), incorporando una novedad: sería la primera vez en que el pensamiento computacional tendría mención explícita en todas las etapas desde Educación Infantil hasta Educación Secundaria Obligatoria. Así, España se alinea con el panorama general europeo en el que se sigue una tendencia al alza en la integración del pensamiento computacional en las distintas etapas de la educación obligatoria (Bocconi et al., 2022).

Esta aparición del pensamiento computacional está fundamentalmente asociada a la adquisición de competencias relacionadas con el descubrimiento y la exploración del entorno en Educación Infantil, y con las Matemáticas y el Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural en Educación Primaria y

Secundaria, a lo que se incluye también en Secundaria su presencia relacionada al ámbito de Tecnología y Digitalización.

Sin embargo, su integración en el aula no debe basarse exclusivamente en la provisión de una serie de conocimientos de programación o tecnología. El objetivo se centra en el adecuado desarrollo de las competencias y habilidades asociadas al pensamiento computacional que fueron descritas en el apartado introductorio, haciendo énfasis en los procesos de observación, descomposición y secuenciación para la resolución de problemas. A este respecto, la literatura recoge numerosas referencias de algunas metodologías activas de aprendizaje que han resultado ser de utilidad en la mejora del desarrollo del pensamiento computacional.

Por un lado, el aprendizaje basado en proyectos y/o problemas permite el desarrollo de acciones en coordinación horizontal entre asignaturas del mismo nivel, fomentando el trabajo del pensamiento computacional asociado a distintas áreas competenciales (Kale et al., 2018). Por otro, el aprendizaje basado en el juego, o gamificación, se considera también una herramienta vehicular adecuada para la ejecución de las situaciones de aprendizaje que impliquen el trabajo y el desarrollo de las destrezas asociadas al pensamiento computacional (Kalelioglu et al., 2016; Piñero Charlo et al., 2022). De manera paralela, el fomento del aprendizaje basado en el pensamiento sería de utilidad en la aplicación de procesos de metacognición que hagan al alumnado consciente de su propio aprendizaje y también fomenten la aplicación de destrezas de pensamiento que permitan realizar actos como la toma de decisiones, la argumentación y otro tipo de acciones críticas (González-Fernández et al., 2021; Swartz et al., 2015). Y, en último lugar, la incorporación del aprendizaje cooperativo en las dinámicas de aula resultaría de utilidad para el desarrollo del sentido socioafectivo al que también figuran asociadas las competencias matemáticas según su definición por la LOMLOE.

Además de lo anterior, existe la opción de integrar el pensamiento computacional en dinámicas de aula de tres maneras diferentes, según si se considera enchufado o desenchufado, y con o sin pantallas. Así, en la etapa de Educación Infantil se menciona explícitamente en los reales decretos de la LOMLOE la opción de realizar actividades analógicas, que refieren a la posibilidad de implementar el pensamiento computacional desenchufado (sin tecnología). Este tipo de actividades desenchufadas pueden resultar de utilidad en contextos de iniciación en los que no se dispone de conocimientos previos sobre pensamiento computacional, ya que elimina la potencial reticencia ante el uso de tecnología o programación, aunque su utilidad puede extenderse más allá de estas primeras etapas (Serrano & Sánchez, 2021).

A medida que el alumnado progrese en esta modalidad de trabajo de pensamiento computacional, puede darse el siguiente paso a la realización de experiencias de pensamiento computacional con tecnología sin pantallas, mediante el uso de robótica educativa. Además, la modalidad de pensamiento computacional con pantallas permite el desarrollo de otro tipo de experiencias más avanzadas basadas en la programación por bloques (Quevedo Gutiérrez & Zapatera Llinares, 2021). Las pantallas también permiten la realización de experiencias virtuales equivalentes al uso de robótica educativa, que pueden ser de mucha utilidad en contextos en los que la indisponibilidad de recursos dificulte la adquisición de robots o en situaciones de aprendizaje a distancia (Alamo et al., 2021).

### **Carencias frente a la integración del pensamiento computacional en las aulas**

Desafortunadamente, la historia reciente de España acumula numerosas reformas en materia educativa que, sobre el papel, son pedagógicamente interesantes pero que en la práctica acaban viendo su éxito mermado por ciertos problemas estructurales, entre los que figuran los siguientes: escasez de recursos,

necesidad de formación del profesorado, necesidad de desarrollo de propuestas educativas globales de centro, etc. (Serrano et al., 2021). Teniendo en cuenta lo anterior, se particularizan a continuación estas carencias principales al caso específico de integración del pensamiento computacional.

### **1.- Se necesita disponer de recursos en las aulas**

Considerando que no todos los centros educativos han andado al mismo ritmo el camino hacia la digitalización y provisión de tecnología educativa en las aulas, la incorporación de la robótica educativa puede, en muchos casos, ser un paso demasiado ambicioso. Existen centros educativos que aún presentan problemas de conexión estable a internet, o de acceso a ordenadores actualizados o tabletas, con lo que la adquisición de robots educativos pasaría a ser en estas situaciones una necesidad en un orden de prioridad secundario.

### **2.- Se necesita una estrategia de centro educativo**

Siguiendo la propuesta incorporada en el currículo propuesto por la LOMLOE, el trabajo del pensamiento computacional no debería basarse en su incorporación voluntaria por parte de algunos docentes. Su aparición, de manera global, en cada una de las etapas de Educación Infantil, Primaria y Secundaria hace necesario el desarrollo de una adecuada estrategia de centro educativo que favorezca una integración exitosa y progresiva del pensamiento computacional a lo largo de la vida educativa del alumnado. Así, se comenzaría en etapas iniciales con la introducción de las ideas más básicas de secuenciación y resolución de problemas para, a continuación, continuar desarrollando elementos más complejos del pensamiento computacional como la programación por bloques. Se hace, por tanto, imprescindible que exista una coordinación y planificación de la integración del pensamiento computacional en los centros educativos, de manera que esta progresión en su aproximación a lo largo de las distintas etapas educativas se haga efectiva.

### **3.- Se necesita formar adecuadamente al profesorado**

Considerando el carácter novedoso y complejo del concepto de pensamiento computacional, tal y como ha sido expuesto en el apartado introductorio de este artículo, no es de extrañar que aún el profesorado de Educación Infantil, Primaria o Secundaria no esté adecuadamente familiarizado con él. Se trata de un concepto y cuerpo de conocimientos que en raras ocasiones se incluye como parte del contenido de la titulación de educación infantil o educación primaria, y lo mismo sucede con el máster de formación del profesorado de educación secundaria obligatoria. Y, recordemos, el pensamiento computacional no es un concepto que pueda ser considerado sencillo, ya que incluso entre la comunidad científica hay discrepancias (Denning, 2017; Voogt et al., 2015). Su incorporación, además, no debe basarse exclusivamente en la introducción de programación o la robótica, ya que si bien ambos ayudan al desarrollo del pensamiento computacional no son capaces por sí solos de asegurar la adquisición de las competencias que este pensamiento pretende desarrollar (Sánchez Vera, 2019).

Si este concepto llega a manos del Estudiantado para Maestro (EPM), suele ser más bien porque se haya formado de manera autónoma o porque haya tenido la fortuna de encontrarse con algún docente universitario que, de manera excepcional, incorpore estas ideas a su enseñanza. A modo de ejemplo, desde el curso escolar 2019/2020 se ha incorporado el pensamiento computacional en la formación de Matemáticas de los EPM en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) (Alamo et al., 2021; Quevedo Gutiérrez & Zapatera Llinares, 2021). Sin embargo, estos estudiantes todavía no están ejerciendo como docentes, aunque sí se han realizado intervenciones preliminares en las etapas de Educación Infantil, Primaria y Secundaria del Colegio Claret de Las Palmas, como resultado de un acuerdo de colaboración entre ambos centros (González Gallego et al., 2022; Lijó Sánchez et al., 2023; Santana Coll et al., 2022).

Además, la formación del profesorado no únicamente debe centrarse en los conceptos del pensamiento computacional, la programación o el uso de la robótica educativa. También necesitan prestar atención al desarrollo de sus destrezas pedagógicas en materia de innovación educativa para sacar el mayor partido del uso de la tecnología mediante la implementación de metodologías activas que la potencien (Prendes Espinosa & Serrano Sánchez, 2016). Tal y como se mencionó en el anterior subapartado, el aprendizaje basado en el juego, el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje cooperativo y el aprendizaje basado en el pensamiento mediante procesos de metacognición son algunas de las metodologías activas que han demostrado ser exitosas en el proceso de facilitación de la integración del pensamiento computacional en el aula. Esta necesidad de nutrir no solo la formación tecnológica del profesorado, sino también sus habilidades pedagógicas y el dominio de sus contenidos específicos son el núcleo principal de TPACK y DigCompEdu (Mishra & Koehler, 2006; Redecker & Punie, 2017), tal y como se mencionó a lo largo de la introducción de este artículo.

Se destaca, a partir de los subapartados anteriores, el papel del docente como facilitador de la verdadera esencia detrás de la incorporación del pensamiento computacional en el desarrollo de las competencias del alumnado a lo largo de toda su vida educativa. Así mismo, es también fundamental el papel de los centros educativos como órganos que garanticen la adecuada disponibilidad de recursos para el trabajo del pensamiento computacional, así como su papel imprescindible en la coordinación de la adecuada implementación de un plan de integración del pensamiento computacional en todas las etapas educativas. Únicamente de esta manera se podrá lograr una adecuada integración del pensamiento computacional, tal y como plantea la LOMLOE desde su definición en los reales decretos de ordenación y enseñanzas mínimas de Educación Infantil, Primaria y Secundaria, hasta su traducción en los currículos de cada comunidad autónoma española.

## **Metodología**

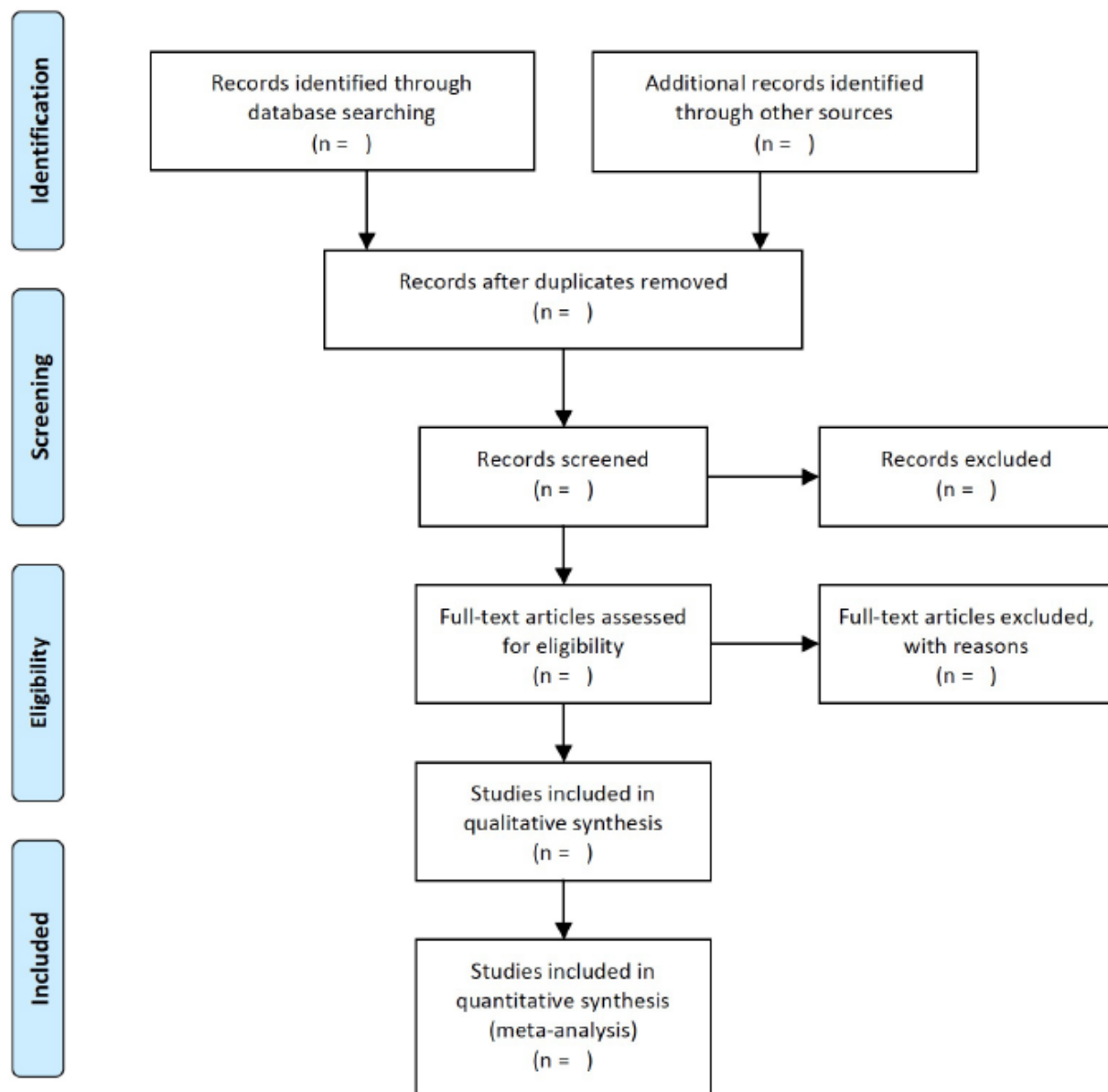
Este artículo plantea una reflexión y revisión sobre los elementos definitorios y constitutivos del pensamiento computacional, en el contexto de su incorporación a la nueva ordenación curricular de la LOMLOE. Este contexto servirá de punto de partida para sentar las bases y criterios con los que abordar una posterior revisión sistemática de la literatura en futuros trabajos bajo la metodología PRISMA.

De esta manera, partiendo de la revisión inicial planteada y los retos detectados para la integración del pensamiento computacional en el aula, y la formación del profesorado, se establecerán a continuación los criterios que serán considerados en la revisión sistemática a plantear. De esta manera, se establecerán la metodología y criterios de investigación, así como las preguntas de investigación que servirán de guía a lo largo de la revisión sistemática a desarrollar como trabajo futuro.

## **Resultados**

Partiendo de todo lo expuesto se plantea entonces una revisión sistemática tomando como referencia el modelo PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (Page et al., 2021). La declaración PRISMA consta de un diagrama de flujo de cuatro fases, como se presenta en la Figura 3 y una lista de comprobación de 27 elementos, como se presenta en la Tabla 1 (Moher et al., 2010).

Se lleva a cabo en este artículo un proceso de reflexión previo a comenzar la revisión, tras el cual se planteará una redefinición de las cuestiones a realizar, evitando preguntas muy generales y con poca profundización, refinando estas, para que se conviertan en preguntas mucho más específicas que engloben esos matices genéricos (García-Peñalvo, 2021).



*Figura 3. Diagrama de flujo de las fases de una revisión sistemática. Fuente: Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement (Moher et al., 2010)*

*Tabla 1. Lista de comprobación de elementos para una revisión sistemática*



Section/topic	#	Checklist item
Title		
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.
Abstract		
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.
Introduction		
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).
Methods		
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., $I^2$ ) for each meta-analysis.
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies).
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified.
Results		
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram.
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations.
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome-level assessment (see Item 12).
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group and (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency.
Risk of bias across studies	22	Present results of any assessment of risk of bias across studies (see Item 15).
Additional analysis	23	Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression).
Discussion		
Summary of evidence	24	Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., health care providers, users, and policy makers).
Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias).
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research.
Funding		
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review.

Considerando los aspectos comentados en este artículo, se plantean inicialmente las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué herramientas y enfoques de instrucción se utilizan en las

actividades matemáticas basadas en el Pensamiento Computacional?

2. ¿Qué tipos de interacción se observan entre el pensamiento computacional y el pensamiento y el aprendizaje matemáticos?
3. ¿Qué programas de formación o acciones formativas específicas se han planteado para el desarrollo del pensamiento computacional en relación con los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas?

Finalmente, se define el protocolo de la revisión, que sirve como hoja de ruta científica explícita de la revisión sistemática planificada. El protocolo detalla el enfoque metodológico y analítico racional y planificado de la revisión:

1. Definición de los términos de búsqueda: pensamiento computacional, programación, robótica.
2. Identificación las bases de datos: Dialnet Plus, IEEE Explore, Redalyc, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis Online, y motores de búsqueda: Scopus, Web of Science.
3. Decisión de filtros para la inclusión y la exclusión: como primera medida se explorarán artículos de los últimos 5 años, desde 2019 hasta 2023. Se filtrarán además las experiencias externas al ámbito nacional.
4. Aseguramiento de que los artículos resultantes son representativos, repitiendo el proceso de filtrado: se filtrarán experiencias en las que se lleve a cabo un proceso completo de integración curricular, incluyendo la evaluación.

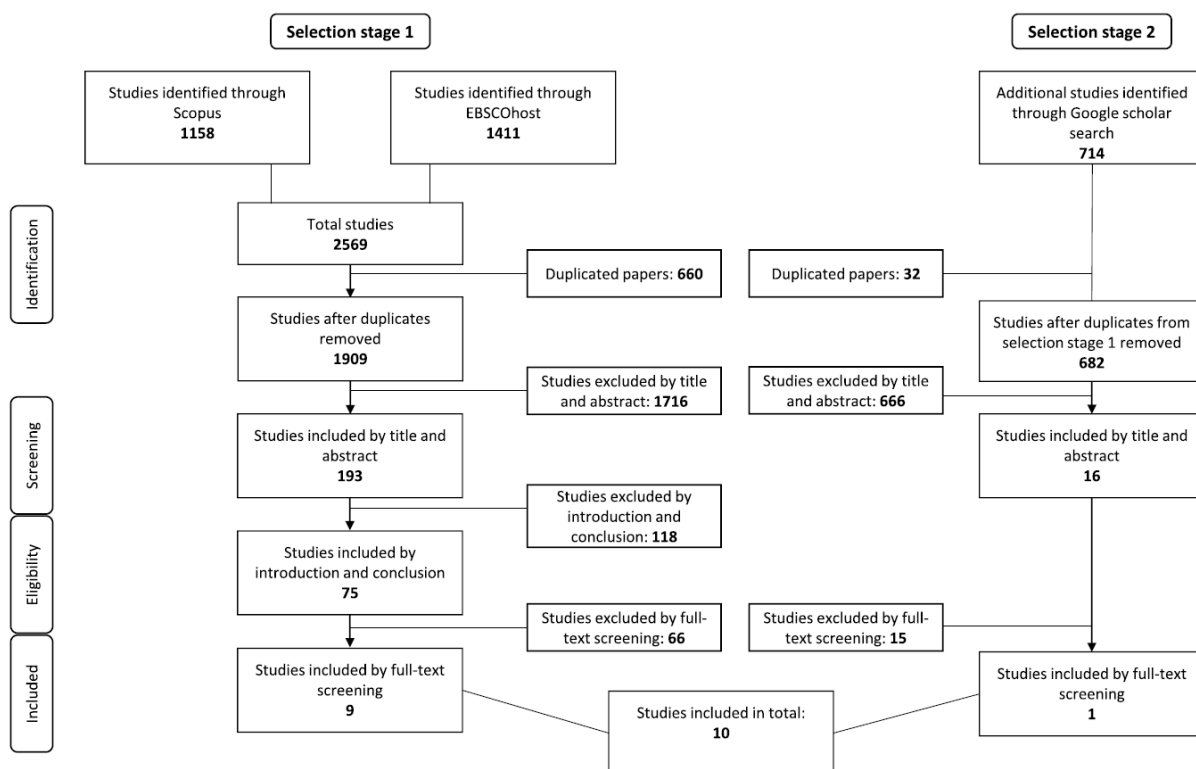
## **Conclusiones y Trabajos Futuros**

Este artículo ha servido como una reflexión de la situación actual del pensamiento computacional de acuerdo con la nueva ley de educación. Así

mismo, se han planteado los primeros pasos para la aplicación de una revisión sistemática en relación con las tres preguntas de investigación ya definidas.

Los siguientes pasos consistirán en la ejecución de la revisión sistemática de acuerdo con el diagrama de flujo presentado en la

Figura 3 y la redacción de un informe de la revisión sistemática, que incluirá la descripción y la presentación de los métodos seguidos, así como los resultados obtenidos a partir de la bibliografía seleccionada. Dicho informe se planteará a modo de artículo académico, en la línea seguida por otros autores que han llevado a cabo revisiones sistemáticas recientes, como por ejemplo el estudio realizado a comienzos de 2022: *Computational Thinking in the Primary Mathematics Classroom: a Systematic Review* (Nordby et al., 2022). El proceso de revisión llevado a cabo en dicho estudio sigue la propuesta de realización planteada en este proyecto de investigación, si bien se basó en dos fases de selección, la primera haciendo uso de Scopus y EBSCOhost, y la segunda utilizando Google Scholar, tal y como se presenta en la Figura 4.



*Figura 4. Proceso de revisión en estudio de pensamiento computacional*  
 Fuente: *Computational Thinking in the Primary Mathematics Classroom: a Systematic Review* (Nordby et al., 2022)

## Referencias bibliográficas

- Alamo, J., Quevedo, E., Coll, A. S., Ortega, S., Fabelo, H., Callico, G. M., & Zapatera, A. (2021). Sustainable Educational Robotics. Contingency Plan during Lockdown in Primary School. *Sustainability*, *13*(15), 8388. <https://doi.org/10.3390/su13158388>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Kamylylis, P., Dagiene, V., Wastiau, P., Engelhardt, K., Earp, J., Horvath, M. A., Jasute, E., Malagoli, C., Masiulionyte-Dagiene, V., & Stupuriene, G. (2022). *Reviewing Computational Thinking in Compulsory Education*. <https://doi.org/10.2760/126955>
- CSTA and ISTE. (2011). *Computational Thinking Leadership Toolkit, First Edition*. <http://www.iste.org/docs/ct-documents/ct-leadership-toolkit.pdf?sfvrsn=4>
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, *60*(6), 33-39. <https://doi.org/10.1145/2998438>
- García-Peñalvo, F. J. (2021). El recetario de las revisiones de literatura. *VI Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación – CINAIC*. <https://zenodo.org/record/5585356#.Yq3eNnbMKUk>

- Gobierno de España. (2020). *Ley Orgánica 3/2020 de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*. Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/boe/dias/2020/12/30/pdfs/BOE-A-2020-17264.pdf>
- Gobierno de España. (2022a). *Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil*. Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/02/01/95>
- Gobierno de España. (2022b). *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. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157/con>
- Gobierno de España. (2022c). *Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria*. Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217/con>
- González Gallego, S., Santana Coll, A., Varea Carballo, R., Alcalde Rodríguez, A., García Rodríguez, O., Pérez Hernández, H., Rosales Rodríguez, C. B., Bacallado Marrero, M. Á., López Navarro, R., Garriga Cabo, C., Pérez Salazar, M. L., Padrón Álvarez, J. R., Álamo Rosales, J., Zapatera Llinares, A., & Quevedo Gutiérrez, E. (2022). Lanzamiento de Proyecto de Centro de Pensamiento Computacional en Educación Secundaria. Lecciones Aprendidas y Planificación Futura Partiendo del Real Decreto de Enseñanzas Mínimas de la LOMLOE. *Formación del Profesorado e Investigación en Educación Matemática*, 14(1), 137-171.
- González-Fernández, M. O., Flores-González, Y. A., & Muñoz-López, C. (2021). Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2). [https://doi.org/https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i2.2301](https://doi.org/https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2301)
- Government of the United Kingdom. (2013). *National curriculum in England: computing programmes of study - key stages 1 and 2*. Ref: DFE-00171-2013. [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/239033/PRIMARY\\_national\\_curriculum\\_-\\_Computing.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/239033/PRIMARY_national_curriculum_-_Computing.pdf)
- Kale, U., Akcaoglu, M., Cullen, T., Goh, D., Devine, L., Calvert, N., & Grise, K. (2018). Computational What? Relating Computational Thinking to Teaching. *TechTrends*, 62(6), 574-584. <https://doi.org/10.1007/s11528-018-0290-9>
- Kalelioglu, F., Gulbahar, Y., & Kukul, V. (2016). A Framework for Computational Thinking Based on a Systematic Research Review. *Baltic Journal Modern Computing*, 4(3), 583-596.

- Klahr, D., & Carver, S. M. (1988). Cognitive objectives in a LOGO debugging curriculum: Instruction, learning, and transfer. *Cognitive Psychology*, 20(3), 362-404. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(88\)90004-7](https://doi.org/10.1016/0010-0285(88)90004-7)
- Lijó Sánchez, R., Díaz Díaz, J. A., Hernández Moreno, C., Zapatera Llinares, A., Morales Socorro, A., Álamo Rosales, J., & Quevedo Gutiérrez, E. (2023). Intervención de Pensamiento Computacional en Educación Infantil en el Marco de la Ordenación Curricular Propuesta por la LOMLOE . *Formación del Profesorado e Investigación en Educación Matemática*, 15(1).
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336-341. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2010.02.007>
- National Research Council. (2010). *Committee for the Workshops on Computational Thinking: Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking*. [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=12840](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12840)
- Nordby, S. K., Bjerke, A. H., & Mifsud, L. (2022). Computational Thinking in the Primary Mathematics Classroom: a Systematic Review. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 8(1), 27-49. <https://doi.org/10.1007/s40751-022-00102-5>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *PLOS Medicine*, 18(3), e1003583. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Papert, S. (1991). *Situating constructionism* (I. Harel & S. Papert, Eds.). Ablex.
- Pea, R. D., Kurland, D. M., & Hawkins, J. (1985). Logo and the development of thinking skills. En M. Chen & W. Paisley (Eds.), *Children and Microcomputers: Research on the Newest Medium* (pp. 193-317). [https://web.stanford.edu/~roypea/RoyPDF%20folder/A23\\_Pea\\_etal\\_85.pdf](https://web.stanford.edu/~roypea/RoyPDF%20folder/A23_Pea_etal_85.pdf)
- Piñero Charlo, J. C., Belova, N., Quevedo Gutiérrez, E., Zapatera Llinares, A., Arbolea-García, E., Swacha, J., López-Serentill, P., & Carmona-Medeiro, E. (2022). Preface for the Special Issue “Trends in Educational Gamification: Challenges and Learning Opportunities”. *Education Sciences*, 12(3), 179. <https://doi.org/10.3390/educsci12030179>

- Prendes Espinosa, M. P., & Serrano Sánchez, J. L. (2016). En busca de la Tecnología Educativa: la disrupción desde los márgenes. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 6-16. <https://doi.org/10.6018/riite/2016/263771>
- Quevedo Gutiérrez, E., & Zapatera Llinares, A. (2021). Assessment of Scratch Programming Language as a Didactic Tool to Teach Functions. *Education Sciences*, 11(9), 499. <https://doi.org/10.3390/educsci11090499>
- Quevedo, J. (1987). *Proyecto Ábaco '85*. [https://www.gobiernodecanarias.org/cmsweb/export/sites/educacion/web/content/publicaciones/archivos/documento/abaco\\_85.pdf](https://www.gobiernodecanarias.org/cmsweb/export/sites/educacion/web/content/publicaciones/archivos/documento/abaco_85.pdf)
- Redecker, C., & Punie, Y. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators DigCompEdu*. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Salomon, G., & Perkins, D. N. (1989). Rocky Roads to Transfer: Rethinking Mechanism of a Neglected Phenomenon. *Educational Psychologist*, 24(2), 113-142. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep2402\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep2402_1)
- Sánchez Vera, M. del M. (2019). El pensamiento computacional en contextos educativos: una aproximación desde la Tecnología Educativa. *Research in Education and Learning Innovation Archives*, 23, 24. <https://doi.org/10.7203/realia.23.15635>
- Santana Coll, A., González Gallego, S., Segura Falcón, J. E., Luján Rodríguez, B., Marcial Romero, T., Hernández Ortega, S., Lijo, R., Marqués Romero, J. P., Zapatera Llinares, A., Álamo Rosales, J., & Quevedo, E. (2022). Proyecto de Centro de Pensamiento Computacional en Educación Primaria. Lecciones Aprendidas y Planificación Futura Partiendo del Real Decreto de Enseñanzas Mínimas de la LOMLOE. *Formación del Profesorado e Investigación en Educación Matemática*, 14(1), 103-135.
- Serrano, J. L., Sánchez, M. del M., & Solano, I. M. (2021). Una primera mirada hacia el pensamiento computacional en el currículo educativo de Infantil y Primaria en España. En M. Ruiz (Ed.), *Robótica y Currículum. Monográfico ERW2021*.
- Serrano, J. L., & Sánchez, M. M. (2021). El pensamiento computacional en Educación Infantil y Primaria. En M. P. Prendes, M. M. Sánchez, & I. M. Solano (Eds.), *Tecnologías y pedagogía para la enseñanza de las STEM* (pp. 169-180). Pirámide.
- Swartz, R. J., Costa, A. L., Beyer, B. K., Reagan, R., & Kallick, B. (2015). *El Aprendizaje Basado En El Pensamiento: Cómo desarrollar en los alumnos las competencias del siglo XXI*. Ediciones SM.
- The Royal Society. (2012). *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*. [http://royalsociety.org/uploadedFiles/Royal\\_Society\\_Content/education/policy/computing-in-schools/2012-01-12-Computing-in-Schools.pdf](http://royalsociety.org/uploadedFiles/Royal_Society_Content/education/policy/computing-in-schools/2012-01-12-Computing-in-Schools.pdf)
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and

- practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715-728.  
<https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S., & Korb, J. T. (2014). Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1145/2576872>
- Yadav, A., Zhou, N., Mayfield, C., Hambrusch, S., & Korb, J. T. (2011). Introducing computational thinking in education courses. *Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on Computer science education*, 465-470. <https://doi.org/10.1145/1953163.1953297>