

EMERGENCIA DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL: PROPUESTA DE UN PROTOCOLO DE OBSERVACIÓN CUALITATIVA

Emergence of computational thinking: a proposal for a qualitative observation protocol

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

^aUniversidad de Oviedo, ^bUniversidad Complutense de Madrid

Resumen

En el marco del creciente interés por integrar el pensamiento computacional en la educación matemática de primaria, este trabajo presenta un protocolo de observación cualitativa orientado a estudiar la emergencia de conceptos y componentes de este pensamiento en una tarea desenchufada de ordenación de pesos. El protocolo se fundamenta en el modelo de los tres pilares y organiza la observación de aula mediante categorías que permiten identificar acciones, decisiones y estructuras algorítmicas en la actividad del alumnado. La propuesta muestra cómo una tarea específica puede servir como base para organizar categorías de observación orientadas al análisis cualitativo de la emergencia del pensamiento computacional. Estos resultados sugieren que el protocolo constituye una herramienta útil para el estudio empírico del pensamiento computacional en el aula de matemáticas.

Palabras clave: *educación Primaria, metodología cualitativa, pensamiento computacional, protocolo de observación*

Abstract

Within the framework of the growing interest in integrating computational thinking into primary mathematics education, this study develops a qualitative observation protocol aimed at examining the emergence of concepts and components of computational thinking in an unplugged weight-sorting task. The protocol is grounded in the three-pillar model and structures classroom observation through categories that make it possible to identify actions, decisions, and algorithmic structures in students' activity. Its exploratory application shows that it is possible to systematically document different elements of computational thinking during task resolution. These results suggest that the protocol constitutes a useful tool for the empirical study of computational thinking in the mathematics classroom.

Keywords: *computational thinking; observation protocol; primary education; qualitative methodology*

INTRODUCCIÓN

El pensamiento computacional (PC) ha ganado relevancia en los últimos años en los currículos internacionales de educación primaria y secundaria y en la investigación educativa (Bocconi et al., 2022). En la actualidad, una parte importante de los estudios sobre su aplicación en el aula se centra en medir el impacto de las intervenciones mediante pruebas de muy diversa naturaleza, valorando su efectividad en el desarrollo del PC (Santaengracia et al., 2026a; Tang et al., 2020). Este crecimiento no ha venido acompañado con la misma intensidad de instrumentos metodológicos que permitan analizar y explicar cómo emerge el PC en situaciones naturales de aula, especialmente desde enfoques cualitativos e interpretativos. Más allá de determinar cuantitativamente si una intervención resulta

eficaz o no, es necesario comprender por qué lo es y de qué manera se manifiesta el PC durante el desarrollo de una actividad (Bisquerra et al., 2009).

Esta necesidad se hace especialmente patente en tareas computacionales más allá de la programación en las que la interacción, la manipulación de materiales, la toma de decisiones y el lenguaje natural ocupan un papel central. En este tipo de contextos, no siempre resulta evidente qué observar ni cómo hacerlo de manera sistemática (Cohen et al., 2000) y los instrumentos cuantitativos pueden verse limitados por las dificultades del alumnado para expresar por escrito cuestiones que les resulta más fácil explicar verbal o kinésicamente. Por este motivo, se plantea la necesidad de contar con un protocolo que permita dar respuesta a esta emergencia del PC a partir de registros de observación cualitativa. Por otro lado, una de las dificultades en el estudio del PC radica en identificar, dentro de la actividad del alumnado, las destrezas y los conceptos implicados en su desarrollo, ya que suelen manifestarse de forma entrelazada y, en ocasiones, resultan difíciles de distinguir.

Bajo estas premisas, los objetivos de esta comunicación son:

1. Diseñar una propuesta de protocolo de observación para el análisis de información cualitativa vinculada al PC.
2. Explorar cómo una tarea específica permite delimitar categorías de observación para el estudio cualitativo de la emergencia del PC.

MARCO TEÓRICO

Pensamiento computacional

El término PC fue popularizado a partir de la conceptualización de Wing (2006), quien lo definió como una forma de resolver problemas, diseñar sistemas y comprender fenómenos mediante conceptos fundamentales de la informática. Desde entonces, la literatura recoge múltiples aproximaciones al término con diferentes enfoques.

En el contexto de las contribuciones recientes presentadas en SEIEM, puede observarse una evolución desde trabajos centrados en la delimitación conceptual y curricular del PC hacia estudios orientados a sus implicaciones formativas y didácticas. Así, se han explorado las tareas desenchufadas de PC (Ayala-Altamirano, 2024; Rodríguez Muelas et al., 2024; Ruano-Cano et al., 2024) la formulación de problemas (Arencibia et al., 2025; Quevedo-Gutiérrez et al., 2025), la formación de profesorado respecto a percepciones y formación (Arjona-Aranda et al., 2025; Campos et al., 2024; Navarro-Clemente et al., 2025; Santaengracia et al., 2023) y el conocimiento especializado relativo al PC (Santaengracia et al., 2024, 2025). En conjunto, estas aportaciones dibujan una línea de investigación que avanza hacia la necesidad de comprender cómo se reconoce, moviliza y analiza el PC en contextos concretos de enseñanza y aprendizaje.

En este trabajo se asume la definición de Palop et al. (2025) del PC como: “la manera de razonar que permite enfrentarse a un problema, sobre unos datos, con el objetivo de que un ordenador lo resuelva” (Palop et al., 2025, p. 13396). En esta definición el PC es un proceso de razonamiento amplio, apoyado en tres pilares: problemas, datos y algoritmos, de ahí, el modelo de los tres pilares (MTP).

Elementos constitutivos del PC

Una de las dificultades en el estudio del PC en contextos educativos radica en la variedad de elementos que se incluyen en él en la literatura. Partiendo del modelo de Palop et al. (2025), las componentes del PC se entienden como los procesos que caracterizan pensar computacionalmente. Estas componentes se identifican en el interior de la Figura 1, situadas para facilitar su interpretación en relación de proximidad con los pilares del MTP. Al tratarse de procesos de pensamiento, estas componentes representan destrezas, competencias o habilidades en el proceso educativo.

Figura 1

Modelo de los tres pilares. Fuente: Palop et al. (2025, p. 13398, traducción propia)



Por otro lado, se pueden identificar también elementos que forman parte del PC y que tienen un carácter más conceptual, especialmente cuando nos referimos al PC en el ámbito educativo. Así en el trabajo de Brennan y Resnick (2012) se definen los conceptos algorítmicos de secuencia, bucle, condición, paralelismo, y eventos, así como conceptos sobre datos y operadores.

En este trabajo, la distinción entre componentes y conceptos del PC resulta especialmente relevante a la hora de estudiar su emergencia. Mientras que los conceptos remiten a contenidos computacionales concretos que pueden identificarse en la estructura de una tarea, las componentes aluden a procesos de pensamiento más amplios. Esta diferenciación resulta coherente con los marcos mencionados y hace que componentes y conceptos interactúen de forma complementaria en los procesos de enseñanza y aprendizaje del PC, de manera análoga a la interdependencia entre las competencias y los saberes definidos en el currículo español de matemáticas (Ministerio de Educación y Formación Profesional [MEFP], 2022; véase un análisis en Santaengracia et al., 2023).

MÉTODO

Con el fin de elaborar una propuesta de protocolo de observación de los procesos de enseñanza y aprendizaje del PC, el trabajo adopta un carácter exploratorio e interpretativo, orientado a construir una herramienta que permita identificar evidencias de PC a partir de los movimientos y del lenguaje natural del alumnado. No se aborda en esta comunicación la validación del instrumento, sino se propone un primer acercamiento fundamentado a la construcción del protocolo a partir de una tarea específica, por lo que su alcance queda vinculado al contexto concreto de la propuesta.

Para ello, se parte de una tarea computacional susceptible de ser analizada en el ámbito escolar, que sirve como sustento del estudio exploratorio, ya que ejemplifica la posible emergencia de distintos elementos del PC. A continuación, se propone una matriz de observación inicial con las categorías consideradas para la tarea seleccionada, organizada a partir de los elementos teóricos expuestos.

Tarea computacional

Se utiliza una tarea vinculada al estudio de algoritmos de ordenación en Educación Primaria, que se desarrolla mediante la utilización de materiales manipulativos (Santaengracia et al., 2026b). La actividad se plantea a partir de un conjunto de botes físicamente idénticos en apariencia, pero con pesos diferentes (diferenciándose en 7 gramos cada uno). El alumnado, en grupos de 3 o 4, debe ordenar los botes de menor a mayor peso, utilizando únicamente una balanza de dos platos (Figura 2). De este modo, la comparación entre elementos no puede realizarse de forma visual ni tampoco mediante estimaciones, sino exclusivamente a través de comparaciones binarias.

Figura 2

Ordenación de pesos con balanza. Fuente: elaboración propia.



Esta tarea es un problema computacional porque reproduce algunas restricciones propias de un ordenador: la comparación es únicamente binaria; no se conoce previamente el valor de los elementos; y una vez comparados no hay memoria de dicha comparación. Así, la balanza, muy habitual en el sentido de la medida, se convierte en un manipulativo idóneo para esta tarea de PC.

El diseño de la tarea permite establecer la hipótesis de que emergerán componentes como la descomposición, la depuración y la generalización, así como de los conceptos computacionales asociados a la algoritmia, como la secuencia, los bucles simples y anidados y los condicionales. En el caso de los bucles, por la naturaleza de la ordenación, denominaremos bucle interno a la reiteración de comparaciones consecutivas y bucle externo al anidamiento o reiteración del bucle interno. Además, la tarea podría dar lugar a la aparición de relaciones como la transitividad, que resulta especialmente útil como medida de control, al estar ampliamente estudiado su desarrollo en el alumnado desde la medida.

La Tabla 1 recoge las definiciones para la propuesta de protocolo de observación para esta tarea. En ella se incluyen los conceptos y componentes del PC que se acaban de mencionar, seleccionados a priori a partir del marco teórico de referencia, junto con una breve descripción y ejemplos de evidencias que podrían permitir identificar su manifestación en la resolución de la actividad.

Tabla 1

Propuesta de protocolo de observación del PC. Fuente: elaboración propia.

Concepto	Definición	Ejemplo
Secuencia	Evalúa la coherencia en la continuidad en el orden de las acciones del alumnado al aplicar el orden en sus comparaciones.	Colocar primero dos objetos en relación y, a partir de ese resultado, continuar comparando los siguientes sin romper el orden establecido.
Bucle interno	Valora el reconocimiento de comparaciones repetitivas durante la ordenación.	Comparar un mismo objeto con varios otros reiteradamente.
Bucle externo	Indica si el alumnado reconoce y excluye en pasos posteriores aquellos elementos ya ordenados.	Dejar aparte un objeto una vez situado correctamente y no volver a compararlo en las siguientes rondas.
Condicionales	Valora el uso de razonamientos condicionales, como “si este pesa más, entonces”, etc., para orientar la toma de decisiones.	Razonar que, si uno pesa más que el otro, entonces debe ir después en la fila.
Componente	Definición	Ejemplo
Depuración	Hace referencia a la capacidad de detectar y corregir errores durante la tarea.	Revisar una ordenación ya hecha, detectar que dos elementos están intercambiados y corregir su posición.

Generalización	Valora si el alumnado reconoce que la estrategia puede aplicarse a otros problemas o contextos.	Explicar que el mismo procedimiento serviría también para ordenar otros elementos o una cantidad distinta de los mismos objetos.
Descomposición	Identifica la capacidad de dividir la tarea global de ordenación en subtareas o pasos de decisión más manejables.	Separar conscientemente la tarea en pasos como: comparar dos elementos, decidir cuál va antes y repetir el proceso con los demás.

Fuente de datos y unidades de análisis

Los datos analizados proceden de la información cualitativa obtenida durante la resolución de la tarea. En la tarea, la recogida de información se realizó a través de tres vías complementarias: el registro en vídeo de las acciones del alumnado durante la tarea, la grabación de audio de la actividad y la toma de notas de campo por uno de los investigadores. En este sentido, el interés del análisis no se sitúa tanto en si el alumnado desarrolló correctamente la tarea, como en los movimientos, verbalizaciones e interacciones (interpersonales y con el material) que el alumnado desarrolla durante la resolución.

Consideramos como unidades de análisis todos los episodios o fragmentos de actividad. Tras una primera revisión del material audiovisual, se seleccionaron para su análisis en profundidad aquellos episodios en los que se identificaron evidencias potenciales de PC (en vídeo y audio, con ayuda de las notas de campo), siguiendo enfoques habituales de análisis de vídeo en investigación educativa (Derry et al., 2010). Se consideran especialmente relevantes aquellas situaciones en las que se identifica una acción significativa, una verbalización, una interacción entre estudiantes o una respuesta ante una intervención docente. La combinación de las tres fuentes de recogida de información permite enriquecer y contrastar la interpretación de estos episodios, ampliando las posibilidades de identificación de conceptos y componentes.

Proceso de construcción del protocolo

La construcción del protocolo parte de una revisión teórica previa. A partir de esta revisión, se seleccionan categorías iniciales fundamentadas en la literatura especializada. En concreto, para los conceptos, por las características de la tarea, se toman como referencia los conceptos de bucle, secuencia y condicional de la propuesta de Brennan y Resnick (2012), y las componentes de depuración, descomposición y generalización según la definición de Palop et al. (2025).

RESULTADOS

Protocolo propuesto

En la Tabla 1 se presentaba la propuesta de protocolo de observación. A continuación, en la Tabla 2, se exponen los niveles de logro definidos para cada concepto o componente.

Tabla 2

Niveles de logro definidos para cada concepto o componente. Fuente: elaboración propia.

Concepto	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Secuencia	Compara pesos sin un orden identificable y cambia de criterio durante la tarea.	Sigue una secuencia parcial, pero la interrumpe o la rehace varias veces.	Sigue una sucesión clara de pasos y mantiene el orden de actuación durante la tarea.
Bucle interno	No itera comparaciones de forma reconocible o lo hace sin sentido claro.	Itera comparaciones entre varios pesos sin poder explicar bien por qué lo hace.	Itera de forma sistemática las comparaciones para decidir la posición de un objeto.

Bucle externo	Reinicia la tarea completa cada vez o vuelve sobre objetos ya ordenados sin criterio.	Itera el procedimiento general, pero reincorpora elementos ya resueltos.	Itera el procedimiento sobre los pesos pendientes, dejando aparte las ya ordenadas.
Condicionales	Toma decisiones sin justificar la relación entre comparación y colocación.	Usa el resultado de alguna condición, pero no de manera consistente	Explicita condiciones y actúa de acuerdo con ellas.
Componente	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Depuración	Mantiene errores o contradicciones sin revisarlos o corregirlos.	Detecta errores, pero no los corrige completamente cuando revisa los procedimientos.	Detecta errores, identifica su causa y revisa el procedimiento para corregirlos.
Generalización	Explica su estrategia utilizando solo episodios de la tarea, sin proyectar a otros casos o situaciones similares.	Intuye que su estrategia podría servir en otra situación, pero no explica por qué ni cómo.	Explica que la misma estrategia puede aplicarse a otros objetos o a más pesos.
Descomposición	Afronta la tarea como un todo y no diferencia partes o subtareas.	Divide parcialmente la tarea, por ejemplo, buscando primero un peso concreto.	Organiza la tarea en subtareas claras, como comparar, fijar una posición y continuar.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo propone un protocolo de observación cualitativa orientado a organizar el análisis de posibles evidencias de PC en una tarea desenchufada de aula. Frente a la abundancia de estudios centrados en la evaluación de la efectividad de intervenciones mediante pruebas específicas (Tang et al., 2020), sigue siendo menos claro cómo observar la emergencia del PC en la actividad del alumnado. Esta propuesta puede ponerse en diálogo con antecedentes próximos, aunque con diferencias claras. Lange et al. (2020) plantearon un protocolo de observación centrado en resolución de problemas y planificación, con orientación metacognitiva y en contextos postsecundarios, mientras que Zhao et al. (2026) desarrollaron y validaron un protocolo para aulas de ciencias de secundaria, con 17 subdimensiones y cuatro niveles de competencia. En contraste con estos estudios, el presente trabajo propone una herramienta cualitativa inicial cuyo objetivo no es medir progresión competencial general, sino observar la emergencia de conceptos y componentes del PC en contextos naturales de aula.

La propuesta supone una herramienta inicial con indicadores para orientar la identificación de posibles evidencias de la emergencia del PC en situaciones de aula. Además, se introduce una distinción explícita entre conceptos y componentes del PC, a menudo difuminada en la literatura. Como muestra la Tabla 2, ambos se manifiestan de forma distinta en la actividad del alumnado: los conceptos suelen hacerse visibles en la estructura de las acciones y en ciertas verbalizaciones, mientras que las componentes remiten a procesos más amplios de organización, revisión o transferencia de estrategias y no siempre se verbalizan. Distinguir ambos planos permite una observación más precisa y una interpretación más ajustada de los datos cualitativos.

El protocolo presentado debe entenderse como una primera propuesta situada, construida a partir de una tarea concreta y centrada principalmente en conceptos del PC ligados a la algoritmia. Es necesario ampliarlo a conceptos relacionados con los datos y los problemas computacionales, así como al resto de las componentes del PC del modelo de Palop et al. (2025). Las categorías y niveles propuestos responden a una situación específica y han sido formulados para recoger las evidencias que esa tarea puede hacer emerger con mayor claridad, por lo que es necesario explorar las adaptaciones necesarias para que no esté únicamente vinculado a la tarea que se analiza. Por tanto, su valor principal reside

en ofrecer una base inicial para sistematizar la observación cualitativa del PC y abre una línea de investigación orientada al estudio empírico de la emergencia del pensamiento computacional en el aula.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades con la Ayuda FPU21/05874 y el proyecto PID2024-155358NBI00 y por la Agencia de Ciencia, Competitividad e Innovación Empresarial Asturiana SEKUENS con el proyecto GRUPIN-IDE/2024/000713

Referencias

- Arencibia, J. M., Quevedo, E., Perdomo-Díaz, J., Lijó, R. y de-Armas-González, P. (2025). Formulación de problemas de diseño e implementación de algoritmos en el marco del pensamiento computacional. En M. Burgos, M. C. Cañadas, J. M. Marbán e I. Polo-Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVIII* (p. 482). SEIEM.
- Arjona-Aranda, G., Sánchez-Cruzado, C., Sánchez-Compañía, M. T. y León-Mantero, C. M. (2025). Desarrollo de destrezas del pensamiento computacional en la formación inicial del profesorado con entornos de realidad virtual. En M. Burgos, M. C. Cañadas, J. M. Marbán e I. Polo-Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVIII* (p. 484). SEIEM.
- Ayala-Altamirano, C., Arjona-Aranda, G., Moral-Sánchez, S. N. y Sánchez-Cruzado, C. (2024). Iniciación al pensamiento computacional a través de tareas desconectadas sobre patrones. En N. Adamuz-Povedano, E. Fernández-Ahumada, N. Climent y C. Jiménez-Gestal (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVII* (pp. 121–128). SEIEM.
- Bisquerra, R. (Coord.). (2009). *Metodología de la investigación educativa*. La Muralla.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Kampylis, P., Dagienė, V., Wastiau, P., Engelhardt, K., Earp, J., Horvath, M. A., Jasutė, E., Malagoli, C., Masiulionytė-Dagienė, V. y Stupurienė, G. (2022). *Reviewing Computational Thinking in Compulsory Education*. JRC Publications Repository. <https://doi.org/10.2760/126955>
- 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* <http://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>
- Campos, C., del Olmo-Muñoz, J., Diago, P. D. y González-Calero, J. A. (2024). Estudio sobre la eficacia de la duración de sesiones orientadas al pensamiento computacional en la formación docente. En N. Adamuz-Povedano, E. Fernández-Ahumada, N. Climent y C. Jiménez-Gestal (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVII* (p. 569). SEIEM.
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education* (5.ª ed.). Routledge.
- Derry, S. J., Pea, R. D., Barron, B., Engle, R. A., Erickson, F., Goldman, R., Hall, R., Koschmann, T., Lemke, J. L., Sherin, M. G. y Sherin, B. L. (2010). Conducting video research in the learning sciences: Guidance on selection, analysis, technology, and ethics. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 3–53. <https://doi.org/10.1080/10508400903452884>
- Lange, J., McCuaig, J. y Dawkins, H. (2020). A protocol for observation of computational thinking. En *ICERI2020 Proceedings* (pp. 4388–4397). IATED. <https://doi.org/10.21125/iceri.2020.0972>
- 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. *BOE (Boletín Oficial del Estado)* 52, de 2 de marzo de 2022, 24386–24504.
- Navarro-Clemente, I., González-Calero, J. A., Del Olmo-Muñoz, J., Sotos-Serrano, M. A. y O'Connor, P. (2025). Pensamiento Computacional en educación infantil: Una mirada cualitativa a la visión del docente ante una enseñanza desconectada. En M. Burgos, M. C. Cañadas, J. M. Marbán e I. Polo-Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVIII* (p. 516). 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*, 30, 13385–13410. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13297-4>
- Quevedo-Gutiérrez, E., Perdomo-Díaz, J., Lijó Sánchez, R. y de-Armas-González, P. (2025). Formulación de problemas de reconocimiento de patrones en el marco del pensamiento computacional. En M. Burgos, M. C. Cañadas, J. M. Marbán e I. Polo-Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVIII* (pp. 373–380). SEIEM.
- Rodríguez Muelas, D., Rodríguez Sánchez, M., Fuertes Prieto, M. A. y Alonso Ruano, B. M. (2024). Pensamiento computacional. Tratamiento desconectado en el aula de educación primaria. En N. Adamuz-Povedano, E. Fernández-Ahumada, N. Climent y C. Jiménez-Gestal (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVII* (p. 622). SEIEM.
- Ruano-Cano, A., Sánchez-Cruzado, C., Moral-Sánchez, S. N., Sánchez-Compañía, T. y Raya-Fernández, A. (2024). Explorando el pensamiento computacional en matemáticas: experiencias desconectadas en educación primaria. En N. Adamuz-Povedano, E. Fernández-Ahumada, N. Climent y C. Jiménez-Gestal (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVII* (p. 627). SEIEM.
- 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. (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.
- Santaengracia, J. J., Palop, B. y Rodríguez-Muñiz, L. J. (2025). ¿Qué conocimiento especializado emerge tras una formación sobre pensamiento computacional? En M. Burgos, M. C. Cañadas, J. M. Marbán e I. Polo-Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVIII* (pp. 406–412). SEIEM.
- Santaengracia, J. J., Palop, B. y Rodríguez-Muñiz, L. J. (2026a). Computational Thinking in K-6 Education: A Scoping Review of Instructional Practices. *Journal of Computers in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40692-025-00380-z>
- Santaengracia, J. J., Rodríguez-Muñiz, L. J. y Palop, B. (2023). Una situación de aprendizaje para el desarrollo del sentido estocástico en Educación Primaria. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 113, 63–80.
- Santaengracia, J. J., Rodríguez-Muñiz, L. J. y Palop, B. (2026b). How To Approach STEM in k–12: A Hands-On proposal for teacher training on Computational Thinking. *International Journal of Engineering Education*, 42(2), 293–299.
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R. y Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers and Education*, 148, 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Zhao, H., Yu, J. y Li, G. (2026). Developing a process-oriented classroom observation protocol for assessing high school students' computational thinking in science classrooms: A Rasch-based proficiency framework. *Frontiers in Psychology*, 17, 1722422. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2026.1722422>