
ESTUDIOS / RESEARCH STUDIES

Imbricación del pensamiento computacional y la alfabetización digital en la educación. Modelación a partir de una revisión sistemática de la literatura

Carlos Enrique George-Reyes*

*Institute for the Future of Education. Tecnológico de Monterrey, Mexico.
Correo-e: cgeorge@tec.mx | ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2529-9155>

Recibido: 10-09-21; 2ª versión: 14-1-22; Aceptado: 24-1-22; Publicado: 1-2-23

Cómo citar este artículo/Citation: George-Reyes, C. E. (2023) Imbricación del pensamiento computacional y la alfabetización digital en la educación. Modelación a partir de una revisión sistemática de la literatura. *Revista Española de Documentación Científica*, 46 (1), e345. <https://doi.org/10.3989/redc.2023.1.1922>

Resumen: En la enseñanza se ha señalado la importancia de consolidar el pensamiento computacional (PC) y la alfabetización digital (AD) como dos habilidades necesarias para formar a los profesionales del siglo XXI. Sin embargo, la producción científica que ha imbricado ambos tópicos es escasa. El objetivo de este artículo fue realizar una revisión sistemática de la literatura que analiza el vínculo entre ambos conceptos en el periodo 2010-2021. El resultado es una propuesta de imbricación que aborda como componentes básicos del PC la abstracción, el diseño de algoritmos, la identificación de patrones y la descomposición, y como componentes experienciales los conceptos, prácticas y perspectivas computacionales. En cuanto a la AD se consideraron las habilidades críticas, informacionales y comunicativas. Se concluye que las hipótesis que se establecen a partir del modelo que aquí se ha diseñado son una aportación que servirá como un marco de referencia para discutir la importancia de incorporar el PC como una alfabetización digital de orden superior.

Palabras clave: alfabetización digital, educación superior, innovación educativa, pensamiento computacional, pensamiento complejo.

Imbrication of computational thinking and digital literacy. Modeling from a systematic review of the literatura

Abstract: In teaching, the importance of consolidating computational thinking (CT) and digital literacy (DL) as two necessary skills to train professionals in the 21st century has been pointed out. However, the scientific production that has interwoven both topics is scarce. The objective of this article was to carry out a systematic review of the literature that analyzes the link between both concepts in the period 2010-2021. The result is an overlapping proposal that addresses abstraction, algorithm design, pattern identification, and decomposition as basic components of CT, and computational concepts, practices, and perspectives as experiential components. Regarding DL, critical, informational and communicative skills were considered. It is concluded that the hypotheses that are established from the model that has been designed here are a contribution that will serve as a frame of reference to discuss the importance of incorporating CT as a higher order digital literacy.

Keywords: digital literacy, higher education, educational innovation, computational thinking, complex thinking.

Copyright: © 2022 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

1. INTRODUCCIÓN

La incorporación de herramientas digitales y sus procesos para operarlas y aplicarlas para resolver problemáticas inherentes a las actividades cotidianas de las personas ha propiciado cambios sustanciales para vivir en la sociedad actual, en la que parte del conocimiento es generado por códigos electrónicos y la información transmitida y dirigida al público por medio de algoritmos. En el campo de la educación, estas herramientas se han convertido en instrumentos indispensables para la realización de actividades de formación y para diseñar estrategias de enseñanza (Fuentes y otros, 2019; Kumar y Kumar, 2018; van de Oudeweetering y Voogt, 2018).

El Pensamiento Computacional (PC) surgió como una respuesta a la ubicuidad del uso de las herramientas digitales en la vida diaria, y se ha posicionado en las últimas décadas como una habilidad deseable en la formación escolarizada (González, 2019) debido a que permite resolver problemas complejos mediante el uso de los conceptos fundamentales de la informática, aún sin que las personas sean expertas en esa área disciplinar (Wing, 2006). También se ha afirmado que el PC puede ser útil tanto en las ciencias exactas como en las ciencias sociales, ya que uno de sus principios orientadores es reformular problemas complejos usando abstracciones y descomposición (Wing, 2008; Yadav y otros, 2016).

El desarrollo conceptual del PC se remonta al trabajo desarrollado por Papert (1980, 1996) y complementado por Wing (2006), quienes afirmaron que implica "resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, basándose en los conceptos fundamentales de la informática" (p. 33). Una de las primeras aplicaciones del PC en la escuela fue llevada a cabo por Papert (1980), que lo utilizó como una herramienta en la formación de escolares de nivel básico (K12) para mejorar la comprensión de conceptos abstractos de las matemáticas, por otra parte, Wing (2011), después de haber realizado algunas reformulaciones a su idea inicial (Wing, 2006, 2008).

De esta forma, se ha propuesto que el PC es una habilidad que desarrollan las personas para crear soluciones utilizando estrategias computacionales (García, 2016), en las que se pueden describir conceptos complejos en otros más simples y fáciles de comprender (Basogain y otros, 2015; Figueiredo y García, 2017; Ortega y Asensio, 2018), e involucra como estrategias de aplicación principales la descomposición de problemas, el reconocimiento de patrones, el diseño de algoritmos y el desarrollo de procesos de abstracción, (Grover y Pea, 2013;

Grover, 2018; Ángel y otros, 2020). Asimismo, se ha propuesto que el desarrollo del PC está relacionado con el aprendizaje basado en retos y desafíos (Gonçalves y otros, 2019) y favorece el desarrollo de habilidades cognitivas, técnicas y de interacción social (Bers y otros, 2018; García y Caballero, 2019).

Sin embargo, y aun cuando Wing (2006) propuso el primer concepto generalmente aceptado y replicado acerca del PC, la autora puntualizó que no existe una definición precisa del término (Wing, 2011), de igual forma, es notoria la falta de consenso acerca de un marco conceptual que lo defina con precisión y que delimite sus principales elementos en el escenario de la educación, ya que en términos generales no existen criterios que orienten su incorporación en las actividades de enseñanza-aprendizaje (Adell y otros, 2019; Kalelioglu y otros, 2016; Voogt y otros, 2015).

Diversos autores se han dado a la tarea de hacer aproximaciones basadas principalmente en el uso del lenguaje informático como base para enseñar el PC (Bers y otros, 2019), así como para describir los componentes que lo conforman. Zapata (2019) ha propuesto 15 componentes no excluyentes que están implícitos en la conceptualización del PC debido a que constituyen habilidades que deben ponerse en marcha para trabajar en entornos informáticos, tales como el análisis ascendente y descendente, la heurística, el pensamiento divergente, la creatividad, la recursividad, la iteración, el ensayo y error, la metacognición, entre otros.

Definiciones de PC más acotadas a la conceptualización de Wing (2011) han sugerido que existen 4 elementos básicos: abstracción, análisis de patrones, diseño de algoritmos y habilidad de descomposición (Rose y otros, 2017) y 3 dimensiones de análisis de las experiencias basadas en el pensamiento computacional: los conceptos, las prácticas y las perspectivas computacionales (Nouri y otros, 2020) (ver Figura 1). Sin embargo, debe aclararse que el PC no siempre está delimitado por uso de dispositivos digitales, ni por el desarrollo de habilidades para programar usando lenguajes de computación (Valverde y otros 2015), ya que sus elementos primordiales están relacionados con la formación de conceptualizaciones, de habilidades no memorísticas, del pensamiento matemático, y, sobre todo, de la formulación de ideas para lograr la resolución de problemas, sin que necesariamente se requiera utilizar artefactos electrónicos (Zapata, 2015).

Para integrar tan diversas aproximaciones conceptuales, Polanco y otros, (2020) realizaron una revisión sistemática de la literatura que identificó 30 definiciones de PC y 8 áreas de

énfasis, que si bien son disimiles, convergen en señalar que más allá de la diversidad conceptual, lo más importante es considerar al pensamiento computacional como un elemento integrante de una nueva perspectiva de alfabetización digital y como un marco de habilidades mínimas que se requieren en la sociedad del siglo XXI.

Por lo anterior, se puede afirmar que el PC está conformado, tanto por componentes conceptuales como experienciales, que tienen como base a la alfabetización digital, en especial con las habilidades crítica, mediática e informacional (George y Avello, 2021). Comprender la imbricación entre estos elementos, resulta indispensable debido a la constante adaptación de las personas a los medios de comunicación digitales y los sistemas informáticos emergentes para interactuar en el mundo.

Con esta premisa, este artículo contribuye al campo de estudio del pensamiento computacional con una propuesta de imbricación con los elementos básicos de la alfabetización digital, por lo que se planteó como objetivo de investigación el diseñar un modelo relacional entre el PC y la AD mediante una revisión sistemática de la literatura en la que se llevó a cabo un análisis diacrónico de la producción académica acerca del tema, las tendencias actuales y los trabajos que consideran ambos elementos como parte de un concepto.

2. MÉTODO

Las revisiones sistemáticas de la literatura han sido utilizadas para examinar aspectos relacionados con la difusión y aplicación del PC en el ámbito educativo (Piazza y Mengual, 2020; Roig y Moreno, 2020). Sin embargo, esta investigación centró su propósito en analizar publicaciones mediante las cuales se pueda elaborar una reconceptualización del PC y una imbricación con la AD. Para lograr-

lo, se utilizó el método PRISMA (Petersen y otros, 2008), que ha sido simplificado y validado para ser aplicado en el área de las ciencias sociales por diversos autores (Ramírez y García, 2018; Cantú y otros 2019), que coinciden en que las etapas más importantes para realizar este tipo de estudios son las siguientes: 1) definición de preguntas de investigación, 2) localización de la producción científica, 3) depuración de la producción científica, 4) creación y ajuste de una base de datos bibliográfica, y 5) análisis de la información.

2.1 Definición de preguntas de investigación

Debido a que el propósito es realizar una revisión de los argumentos que han surgido para conceptualizar y evaluar el pensamiento computacional en el escenario educativo, en la Tabla I se plantearon temas y preguntas de investigación basadas en la oportunidad de aportar nuevas formas de estudiar el PC y vincularlo con la AD.

2.2 Localización de la producción científica

Se localizaron y seleccionaron los documentos científicos en las bases de datos Scopus y Web of Science (WoS). Se tomó la decisión de utilizarlas debido a que son las bases de datos de mayor impacto internacional (Cantú y otros, 2019). Los términos utilizados fueron *computational thinking* y *education* como elementos principales; *teaching*, *learning* y *pedagogy* como sinónimos, y *digital literacy* como elemento contextual acompañado del sinónimo *information literacy*. Los resultados se depuraron con base en los siguientes indicadores: 1) Que fueran trabajos relacionados con el PC en el campo educativo, 2) que de forma implícita o explícita mencionaran a la alfabetización digital como un componente del PC, 3) que correspondieran al periodo 2010-2020 y 2021, 4) que fueran produc-

Tabla I. Preguntas de investigación planteadas para indagar el vínculo conceptual PC-AD.

Temas	Preguntas de investigación	Respuestas esperadas
Características de la producción científica acerca del PLC en el periodo 2010-2020 y parte de 2021.	Q1. Años y países en los que se han producido publicaciones con relación al PC en el periodo 2010-2020 y parte de 2021. Q2. Trabajos con mayor impacto en la producción científica internacional. Q3. Autores con mayor impacto internacional. Q4. Tendencias respecto al estudio del pensamiento lógico computacional.	Años de publicación, revistas con más publicaciones, artículos más citados, ubicación geográfica del primer autor, análisis de palabras clave y resúmenes.
Publicaciones que imbrican al pensamiento lógico computacional con la alfabetización digital.	Q5. Autores que expresan en sus trabajos un vínculo PC-AD.	Revisión sistemática de publicaciones.
Modelación de la imbricación del pensamiento computacional con la alfabetización digital	Q6. Imbricación entre pensamiento computacional y alfabetización digital.	Modelo de relación PC-AD, hipótesis acerca del PC-AD

tos científicos en versión final. Como resultado de la primera búsqueda se localizaron 339 documentos.

2.3 Depuración de la producción científica

Como siguiente paso, se llevó a cabo una refinación de la producción localizada, lo que significó reducir el número de trabajos tomando en consideración la simplificación de los documentos que aparecieron en ambas bases de datos, documentos sin resumen disponible, y editoriales, dossiers o erratas. En la Tabla II puede observarse la progresión para reducir la cantidad de documentos.

Una vez realizada la primera selección de documentos, se procedió a hacer una revisión sistemática de cada uno de ellos con el fin de determinar cuáles cumplían con los criterios de selección establecidos, así como su pertinencia para dar respuesta a las preguntas planteadas. En la Figura 1 se señalan el proceso para delimitar la bibliografía con la que se trabajaría.

2.4 Ajuste y creación de base de datos bibliográfica

Una vez realizada la depuración de los documentos, se concluyó que se debía trabajar con 104 productos (ver <https://cutt.ly/dWR7Tow>). Se elaboró una base de datos en el software Excel con los siguientes campos: 1) autor, 2) título del trabajo, 3) año, 4) datos de la fuente (nombre de la revista/libro, volumen, año, número de artículo, páginas, DOI, resumen, palabras clave, referencias, editorial), 4) país, 5), idioma, 6) tipo de documento, y 7) tipo de acceso. Finalmente, se asignó a cada documento un identificador secuencial.

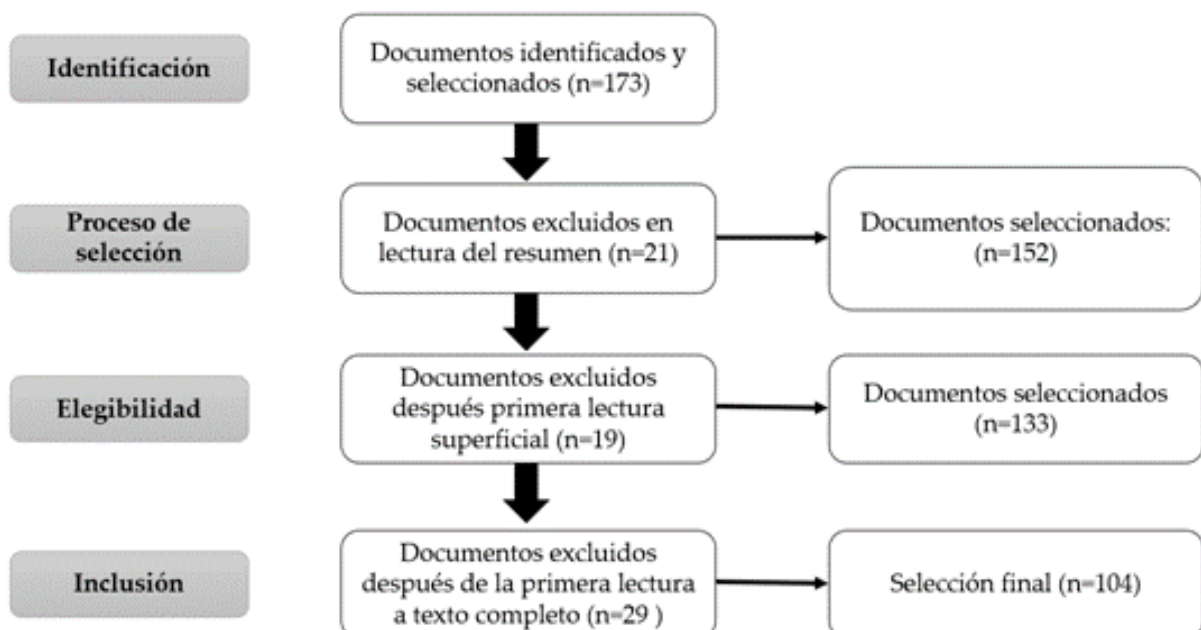
2.5 Análisis de la información

El análisis de la información se realizó en dos etapas. En la primera se cuantificó la producción científica utilizando como criterios la cantidad de trabajos por año, el idioma, país, tipo de publicación, tipo de acceso, e impacto por número de ci-

Tabla II. Criterios de selección aplicados para localizar la producción científica.

Criterios de exclusión	Scopus	WOS	Total
Productos localizados con la cadena original	180	159	339
Documentos duplicados	106		233
Documentos sin resumen	39	13	181
Dossiers y erratas	6	2	173
Total de la primera selección			173

Figura 1. Proceso final de selección de la producción científica



tas. En la segunda, se llevó a cabo una lectura a profundidad de los resúmenes y en algunos casos de los documentos completos para identificar las líneas de investigación desde las que se ha abordado el estudio del tema, para lograrlo, se importó la base de datos al software VOSViewer, que es una herramienta que ha sido ampliamente utilizada para realizar análisis bibliométricos (Peirats y otros, 2019; Rodríguez y otros, 2019). Lo anterior permitió extraer los resúmenes de los trabajos seleccionados, y con ellos crear mapas semánticos que permitieran más fácilmente delimitar las tendencias investigativas.

3. RESULTADOS

3.1 Características de la producción científica acerca del tema PC en el periodo 2010-2020 y parte de 2021

3.1.1 Q1. Años y países en los que se han producido publicaciones con relación al PC en el periodo 2010-2020 y parte de 2021

Como puede observarse en la Figura 2, la producción científica respecto al PC se ha incrementado, en el 2013 se produjeron 8 publicaciones que tomaron como base el documento *Research notebook: Computational thinking—What and why?* (Wing, 2011), lo que posicionó a la autora como un referente internacional y generó eco entre la comunidad de académicos e instituciones que exploraron la forma de operacionalizar los componentes básicos del PC, así como reforzar la idea de incorporar esta alfabetización emergente en la educación obligatoria.

En la Figura 3 puede identificarse que Estados Unidos de Norteamérica ha sido el país más prolífico respecto a la producción científica con 46

Figura 2. Producción científica por año

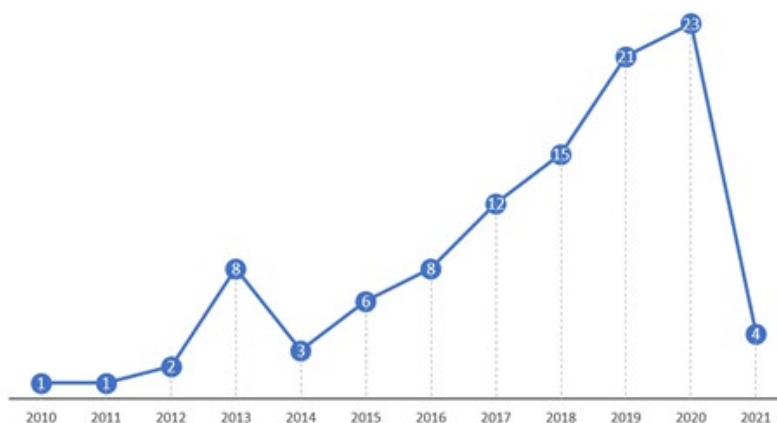
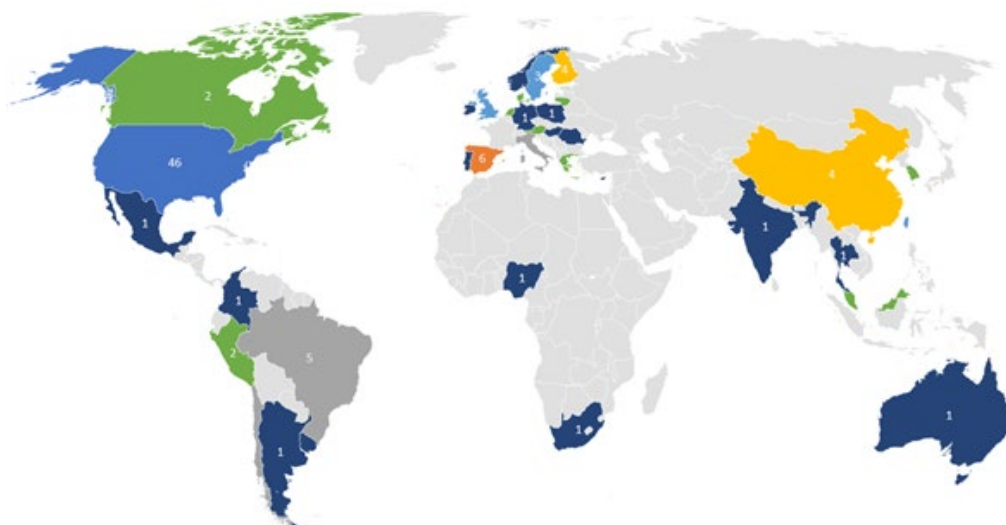


Figura 3. Mapa geográfico del impacto de la producción científica por número publicaciones.



publicaciones, mientras que en Iberoamérica han surgido 16 documentos, siendo España el país con mayor número de artículos. En la Tabla III se puede observar el top 10 por número de publicaciones generadas en el periodo 2010-2021.

Tabla III. Top 10. Producción científica por país.

País	Documentos
Estados Unidos de Norteamérica	46
España	6
Brasil	5
Chile	5
Italia	5
China	4
Finlandia	4
Suecia	3
Taiwán	3
Reino Unido	3

3.1.2 Q2. Trabajos con mayor impacto en la producción científica internacional

Respecto a el impacto de la producción científica, las publicaciones surgidas de los Estados Unidos de Norteamérica tienen el mayor número de citas entre la comunidad internacional con un total de 1.266, lo que representa un seguimiento de las primeras obras respecto al tema y reconceptualizaciones a partir de la obra de Jeanette Wing. En Iberoamérica, España, Brasil y México se reúnen 110 citas, mientras que, Asia y China acumulan

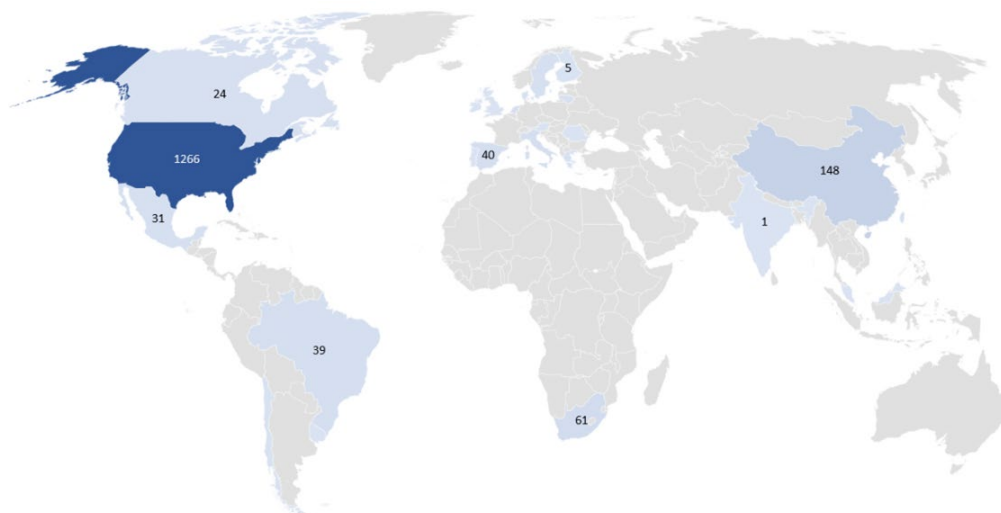
148 citas (ver Figura 4). En la Tabla IV se enlista el top 10 de los países productores de publicaciones.

Tabla IV. Top 10. Impacto de la producción científica por número de citas.

País	Citas
Estados Unidos de Norteamérica	1266
China	148
Sudáfrica	61
Singapur	50
España	40
Brasil	39
Italia	39
México	31
Taiwán	29
Suecia	28

En cuanto a las revistas de mayor impacto por número de citas, en la Tabla V se muestra que el mayor número de documentos proviene de *proceedings*, es decir, de trabajos publicados en conferencias académicas, sin embargo, el mayor número de citas totales es generado por dos revistas, *Computers and Education* (Q1. 275 citas y 5 documentos) y *Education and Information Technologies* (Q1. 230 citas y 3 documentos). Cabe resaltar que en los 8 artículos se toma como referente básico la obra de Wing (2006, 2008, 2011). En cuanto al índice h se puede observar que la revista *Computers and Education* tiene un mayor impacto respecto a la calidad

Figura 4. Mapa geográfico del impacto de la producción científica por número de citas.



de los artículos de los autores que ahí publican, lo que también representa que la mayor parte de los trabajos citados respecto al tema se pueden encontrar en esa revista (Bornmann y otros, 2007).

3.1.3 Q3. Autores con mayor impacto internacional

Respecto a los autores con mayor impacto por número de citas, Satabdi Basu, Gautman Biswas y John Kinnebrew y Patrim Sengupta (ver Tabla VI) encabezan la lista con 1.126 citas en conjunto, los trabajos de estos autores tienen como punto de partida

el diseño y la aplicación de un marco de referencia para integrar el PC en la educación científica en el nivel de educación básica y en entornos educativos abiertos basados en aprendizaje adaptativo. Por otra parte, Irene Lee, Alejandra Magana y Joyce Malyn-Smith con 563 citas lideran la perspectiva del PC desde el enfoque del modelo STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Maths), así como desde marcos de referencia multidisciplinarios. En la Figura 5 puede observarse que en la última década la coyuntura de la producción científica gira en torno a estos dos grupos de autores.

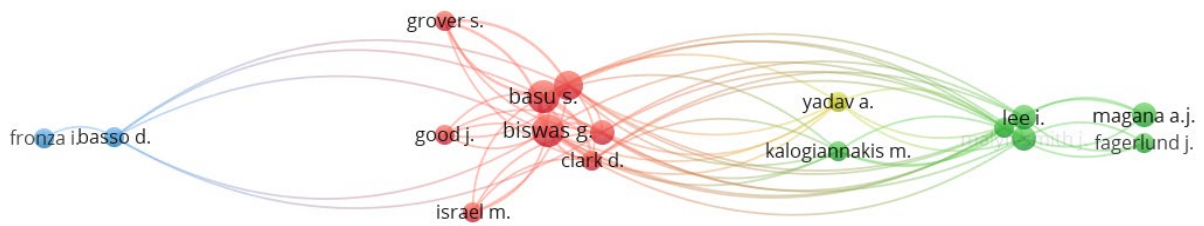
Tabla V. Top 10. Impacto de la producción científica por tipo de publicación.

Nombre	País	Tipo de publicación	Documentos	Citas totales	Cuartil JCR	Índice H
ACM International Conference Proceeding Series	Estados Unidos	Memorias de congreso	7	14	-	123
Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE	Estados Unidos	Memorias de congreso	7	15	-	39
Computers and Education	Reino Unido	Revista	5	275	Q1	179
ICER 2013 - Proceedings of the 2013 ACM Conference on International Computing Education Research	Estados Unidos	Memorias de congreso	5	112	-	13
Education and Information Technologies	Estados Unidos	Revista	3	230	Q1	41
Journal of Science Education and Technology	Holanda	Revista	3	11	Q1	61
SIGCSE 2014 - Proceedings of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education	Estados Unidos	Memorias de congreso	3	21	-	22
Advances in Intelligent Systems and Computing	Alemania	Revista	2	1	Q4	41
Education Sciences	Suiza	Revista	2	4	Q2	19
Journal of Educational Computing Research	Estados Unidos	Revista	2	79	Q1	60

Tabla VI. Impacto de la producción científica por autor.

Autor	Institución	Documentos	Citas
Satabdi Basu	SRI International Center for Technology in Learning	5	321
Gautman Biswas	Vanderbilt University	5	288
John Siler Kinnebrew	Vanderbilt University	4	284
Irene Lee	Massachusetts Institute of Technology	3	265
Alejandra Magana	Purdue University	3	33
Joyce Malyn-Smith	Education Development Center, USA.	3	265
Patrim Sengupta	The University of Calgary	3	233

Figura 5. Mapa bibliográfico de la producción científica por autores.



3.1.4 Q4. Tendencias respecto al estudio del pensamiento lógico computacional

Para identificar las líneas de investigación emergentes, primero se analizaron 494 palabras clave pertenecientes a los 104 artículos seleccionados. Entre las palabras con más co-ocurrencias (número de veces que se repite un término) se encuentran *Students* (38), *Education* (32), y *Teaching literacy* (25), también se observa que existe un conjunto de co-ocurrencias relacionadas con los términos *Education computing* (26), *Engineering* (20) y *Computer Science Education* (13). Lo anterior sugiere que existe una estrecha relación con la educación basada en las ciencias computacionales, asimismo puede observarse que existe un vínculo con la resolución de problemas (10), la programación (12) y el uso de la herramienta Scratch (8) como habilitadora para el desarrollo de habilidades basadas en el pensamiento computacional (ver Figura 6).

Posteriormente se llevó a cabo un análisis de los resúmenes utilizando el método de mapeo de conteo completo (ver Figura 7), se filtraron solo aquellos documentos con una coocurrencia de ítem mayor a 10 con la finalidad de seleccionar los textos más significativos. Con este criterio, de un total de 104 documentos, 81 se consideraron como relevantes. El resultado arrojó que los términos más importantes desde los que se ha investigado el PC se han agrupado en 5 líneas temáticas: 1) el PC como habilidades y estrategias básicas de los estudiantes para resolver problemas específicos en disciplinas relacionadas con las ciencias; 2) la enseñanza del PC en la integración de prácticas de enseñanza matemática mediadas por tecnologías; 3) la programación y las ciencias de la computación; 4) actividades de enseñanza-aprendizaje en el aula mediadas por el software Scratch; y 5) el proceso de descomposición como base fundamental de la educación en PC.

Figura 6. Mapa bibliográfico de la producción científica por palabras clave.

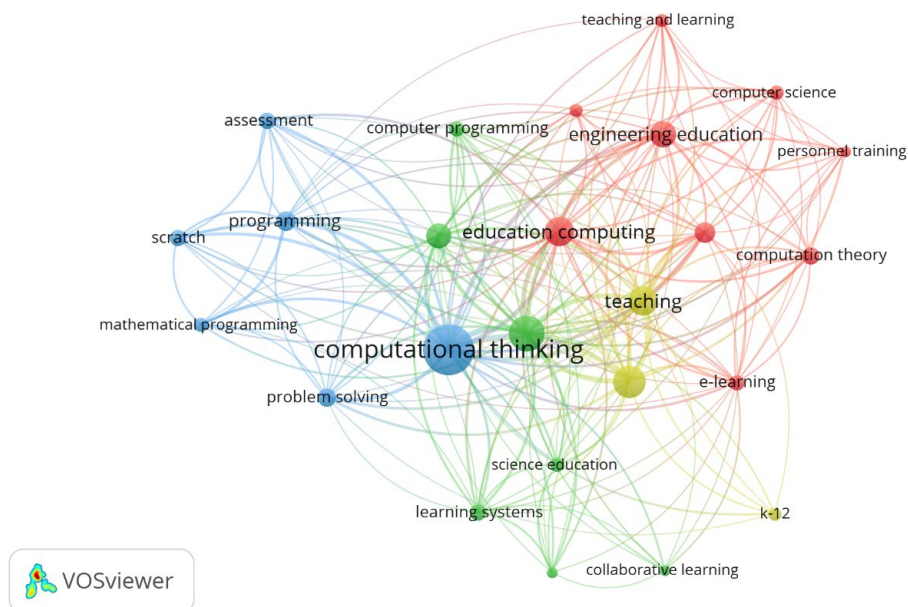
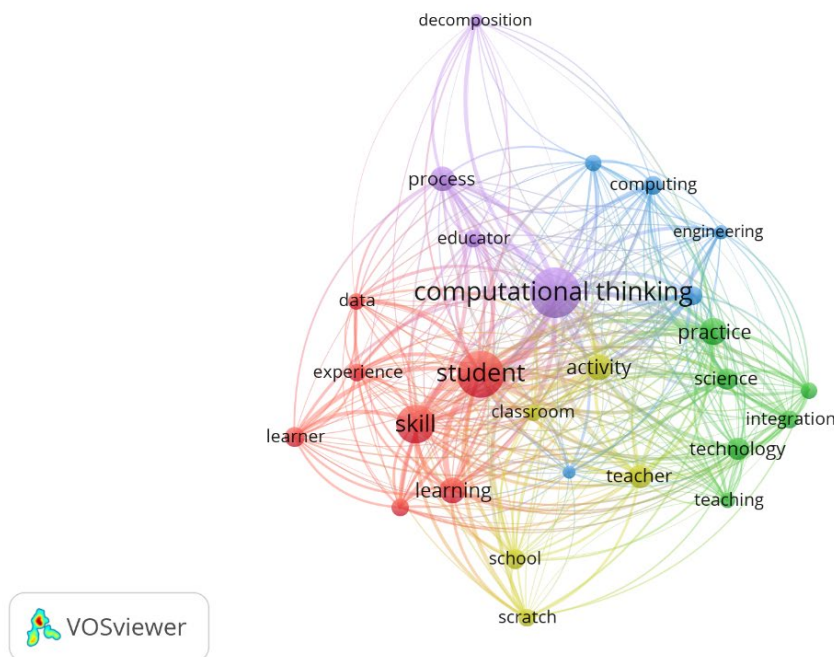


Figura 7. Mapa bibliográfico de la producción científica por palabras resúmenes.



3.2 Trabajos que imbrican al pensamiento lógico computacional con la alfabetización digital

La evolución constante de las tecnologías de la información y la comunicación han permitido a las personas tener acceso a un volumen cada vez más grande de datos y conocimientos que son transmitidos por diversos medios, en este sentido, ha mencionado la importancia de considerar al pensamiento computacional desde dos vertientes, la primera como una alfabetización digital emergente y necesaria para poder afrontar los retos que supone el interactuar con un mundo cada vez más mediatizado por las tecnologías (Zapata, 2015), y otra, en donde se hace referencia a un conjunto de actividades, y a su diseño educativo en las etapas tempranas del desarrollo cognitivo de los sujetos, que posteriormente pueden ser evocadas para fortalecer el aprendizaje del pensamiento computacional, incluso en contextos desenchufados (Zapata, 2019).

3.2.1 Q5. Autores que expresan en sus trabajos un vínculo PC-AD.

Se han realizado estudios en los que se intenta comprender cuales son las habilidades digitales que desarrollan los estudiantes durante el proceso de trabajo con la programación en las escuelas (Nouri y otros, 2020), se han diseñado escalas

para evaluar los procesos de pensamiento computacional de los estudiantes en contextos de resolución de problemas generales y específicos (Tsai y otros 2021), y se han propuesto esquemas de imbricación de entre la competencia digital y el PC (Adell y otros 2019; Juškevičienė y Dagienė, 2018). Sin embargo, el PC y la AD como un vínculo entre dos habilidades para participar en la sociedad del conocimiento ha sido escasamente explorada por investigadores, o bien ha sido intrínsecamente abordada durante las experiencias que implican la realización de actividades como la codificación o el diseño de algoritmos (Jenson y Droumeva, 2016). En la Tabla VII se han identificado aquellos trabajos que analizan y discuten dicha la relación, y con ello establecer la pauta para diseñar un modelo de imbricación, en el Apéndice del documento pueden observarse las referencias completas.

3.3 Modelación de la imbricación del pensamiento computacional a partir de su vínculo con la alfabetización digital

A partir de las perspectivas de imbricación identificadas, se pueden inferir que la AD es un elemento intrínseco del PC, incluso se afirma que existe una supeditación de las habilidades informacional, comunicativa y comunicativa al PC, ya que las primeras se concretan a la adquisición de competencias digitales, mientras que la segunda representa el desarrollo de habilidades generalizables para la

Tabla VII. Autores que expresan en sus trabajos el vínculo PC-AD.

Autor	Perspectiva de imbricación	Énfasis
Atieno, Baafi y Marta (2020).	Se propone integrar las habilidades informáticas y el PC en los planes de estudio de educación inicial.	Desarrollo de habilidades cognitivas.
Azman, Arsat, y Mohamed (2017).	Diseño de un marco de referencia para integrar el PC y AD en el plan de estudios de educación superior.	Experiencia de aprendizaje en el contexto tecnológico.
Basu, Biswas y Kinnebrew (2017).	Desarrollo de alfabetizaciones-competencias digitales para el aprendizaje del PC	Aprendizaje adaptativo abierto.
Bustillo y Garaizar (2015).	Análisis y desarrollo de un marco de referencia para evaluar iniciativas en torno a la alfabetización digital y la continuidad en el uso de entornos de programación.	Diseño de prácticas educativas con Scraeth.
Díaz, Soledad y Catino (2020).	Análisis del concepto de pensamiento computacional en conjunto con el desarrollo de la práctica pedagógica crítica y las competencias digitales.	Análisis de políticas públicas.
Juškevičiene y Dagiene (2018).	Discutir la relación entre el PC y la AD para ayudar a los educadores y los encargados de formular políticas educativas a tomar decisiones informadas sobre cómo se pueden incluir ese vínculo en las instituciones escolares.	Propuesta de política pública.
L'Heureux, Cohen, Boisvert, y Sanghera (2012).	Adaptar el concepto de PC en un marco aplicado al campo de las tecnologías de la información.	Resolución de problemas de tecnologías de la información.
Perković, Settle, Hwang y Jones (2010).	Marco de referencia para implementar el pensamiento computacional en una amplia variedad de cursos de educación general desde el enfoque de los principios de la computación de Denning (2017).	Elaboración de un marco de referencia para la práctica docente mediada por PC.

solución de problemas (Adell y otros 2019), tanto en contexto mediados por las tecnologías como en aquellos desenchufados.

3.3.1 Q6. Imbricación entre pensamiento computacional y alfabetización Digital

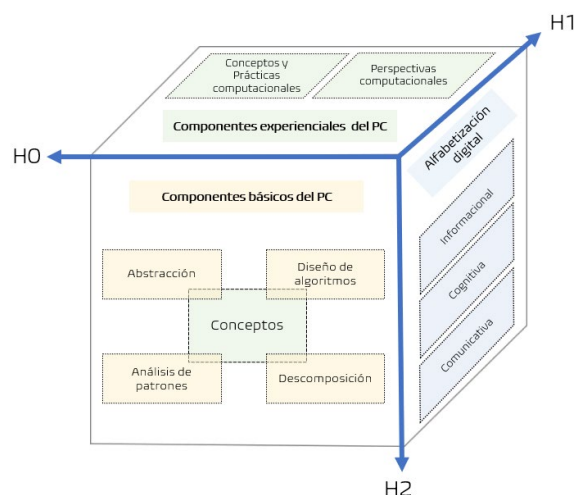
Se puede afirmar que existen zonas de intersección e imbricación entre la alfabetización informacional, cognitiva y comunicativa con los componentes básicos conceptuales y operacionales del pensamiento lógico computacional, en la Figura 8 se puede observar que más que establecer relaciones de dominación, se generan lazos de complementariedad.

A partir del solapamiento entre los componentes básicos y experienciales con la alfabetización digital se pueden generar 3 hipótesis que sustentan la imbricación que se ha señalado en párrafos anteriores:

H0. El conocimiento de los componentes básicos conceptuales y experienciales del PLC se genera a partir del desarrollo de habilidades relacionadas con la alfabetización informacional, cognitiva y comunicativa.

H1. La cultivación de niveles altos de alfabetización digital fortalece el aprendizaje del PLC,

Figura 8. Cubo de imbricación de PC y AD.



tanto a nivel de conceptos como de experiencias computacionales.

H2. El aprender de forma conceptual y experiencial el PLC favorece la recuperación de saberes previos relacionados con la alfabetización digital.

Estas hipótesis describen las posibles imbricaciones del PC con la AD, sin que esto signifique que

sean hipótesis finitas, sino por el contrario, abren el camino para ser analizadas, confirmadas, rechazadas y/o replanteadas de acuerdo con diversos contextos de aplicación como niveles educativos, áreas disciplinares de formación, formación para el trabajo, entre muchas otras.

CONCLUSIONES

Las publicaciones relacionadas con las investigaciones que conceptualizan y evalúan el PC, ofrecen la oportunidad no solamente de realizar análisis para reconceptualizar, ampliar y renovar el tema, sino que también permiten identificar las indicaciones que tiene con otras habilidades como la alfabetización digital. El objetivo de este artículo se enfocó en contribuir con las hipótesis que pueden emerger a partir de la imbricación entre el PLC y la AD, y con ello hacer una aportación en el campo de la innovación educativa.

La investigación realizada permite visualizar que existe un crecimiento del análisis de los elementos que integran el PC no solamente cuantitativo, sino que también profundizan en situaciones relacionadas con la generación de habilidades relacionadas con la alfabetización informacional, cognitiva y comunicativa. Uno de los aspectos más importantes que se pueden destacar es que el cultivar alfabetizaciones digitales puede fortalecer el aprendizaje del PC, tanto a nivel de conceptos como de experiencias computacionales, lo que supone una mejora de los aprendizajes.

El conjunto de análisis realizados en este trabajo no solo proporciona una base más holística del conocimiento del PC, sino que también proporciona una orientación adicional hacia la investigación de un tema que, debido a su acercamiento con el uso de las tecnologías y los procesos de formación, está siempre en movimiento. Por otra parte, los resultados ponen en relieve la importancia de la alfabetización digital como un detonante en la asimilación, el entendimiento y la aplicación de los componentes del PC para lograr la resolución de problemas en un amplio espectro disciplinar.

Con base en este trabajo, pueden surgir nuevas oportunidades investigativas, como el surgimiento de una metodología para poner en práctica las hipótesis planteadas, o bien diseñar un instrumento que considere dichas hipótesis para evaluar la AD para lograr el PC en escenarios mediados por las tecnologías, e incluso en ausencia de ellas, es decir, en entornos desenchufados (Zapata, 2019). En otras palabras, en futuras investigaciones valdría la pena preguntarse: ¿cuál es el valor de la alfabetización digital para avanzar y mejorar la asimilación y profundización del PC?

Al respecto, la prospectiva de este artículo es consolidarse como un referente que provoque la aparición de trabajos futuros que superen la originalidad del desarrollo expositivo de este artículo. El tema es muy importante al ser abordado desde el enfoque de los estudios métricos de impacto y relevancia de la literatura científica, sin embargo, deberá profundizarse en el estudio de las publicaciones empíricas emergentes relacionadas con la imbricación del PC y la AD, con el fin de generar un impacto positivo entre los especialistas.

Finalmente, la contribución diferenciadora de este artículo se encuentra en la forma en la que se han formulado las preguntas de investigación, que no representan cuestionamientos cerrados, sino una invitación para continuar explorando e investigando el tema de la imbricación entre el PC y la AD, y con ello expandir y actualizar el conocimiento sobre el tema.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer el apoyo financiero del Tecnológico de Monterrey a través del "Challenge-Based Research Funding Program 2022". Project ID # I003 - IFE001 - C2-T3 - T.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adell, J., Llopis, M., Esteve, M., y Valdeolivas, N. (2019). El debate sobre el pensamiento computacional en educación. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 171-186. DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.22.1.22303>
- Ángel, C., Segredo, E., Arnay, R., y León, C. (2020). Simulador de Robótica Educativa para la promoción del Pensamiento Computacional. *Revista De Educación a Distancia (RED)*, 20(63). DOI: <https://doi.org/10.6018/red.410191>
- Basogain, X., Olabe, M., y Olabe, J.C., (2015). Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma de Aprendizaje. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 46(6). Disponible en: <http://www.um.es/ead/red/46>
- Bers, M., González, C., y Armas, M. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>
- Bornmann, L., y Daniel, H. (2007). What do we know about the h index? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58 (9), 1381-1385. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/asi.20609>
- Cantú, V., Glasserman, L., y Ramírez M. (2019). Comportamiento métrico sobre evaluación de la educación en emprendimiento. *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información*, 33(79), 99-117. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2019.79.57902>
- Denning, P. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33-39. DOI: <https://doi.org/10.1145/2998438>

- Figueiredo, J., y García, F. (2017). Improving Computational Thinking Using Follow and Give Instructions. *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 3, 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1145/3144826.3145351>
- Fuentes, A., López, J., y Pozo, S. (2019). Análisis de la Competencia Digital Docente: Factor Clave en el Desempeño de Pedagogías Activas con Realidad Aumentada. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 17(2), 27-42. DOI: <https://doi.org/10.15366/reice2019.17.2.002>
- García, A., y Caballero, Y. (2019). Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en Educación Infantil. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 27(59), 63-72. DOI: <https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>
- García, F. (2016). What Computational Thinking Is. *Journal of Information Technology Research*, 9(3), v-viii. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10366/130687>
- George, C., y Avello, R. (2021). Alfabetización digital en la educación. Revisión sistemática de la producción científica en SCOPUS. *RED. Revista Educación a Distancia*, 21(66). DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/red.444751>
- Gonçalves, J., Lima, J., Brito, T., Brancalião, L., Camargo, C., Oliveira, V., y Conde, M. (2019). Educational Robotics Summer Camp at IPB: A Challenge based learning case study. *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 36-43. New York: ACM. DOI: <https://doi.org/10.1145/3362789.3362910>
- González, C. (2019). Estado del arte en la enseñanza del pensamiento computacional y la programación en la etapa infantil. *Education in the Knowledge Society*, 20, 1-15. DOI: https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a17
- Grover, S. (2018). *The 5th 'C' of 21st century skills? Try computational thinking (not coding)*. EdSurge News. Disponible en: <https://edtechbooks.org/-Pz>
- Grover, S., y Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43. DOI: <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Jenson, J., y Droumeva, M. (2016). Exploring media literacy and computational thinking: A game maker curriculum study. *Electronic Journal of e-Learning*, 14(2), 111-121. Disponible en: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1101239.pdf>
- Juškevičienė, A., y Dagienė, V. (2018). Computational Thinking Relationship with Digital Competence. *Informatics in Education*, 17(2), 265-284. DOI: <https://doi.org/10.15388/infedu.2018.14>
- Kalelioglu, F., Gülbahar, Y., y Kukul, V. (2016). A framework for computational thinking based on a systematic research review. *Baltic Journal of Modern Computing*, 4(3), 583. Disponible en: <https://bit.ly/3rj1ZIH>
- Kumar, A., y Kumar, G. (2018). The role of ICT in higher education for the 21st century: ICT as a change agent for education. *Multidisciplinary Higher Education, Research, Dynamics & Concepts: Opportunities & Challenges for Sustainable Development*, 1(1), 76-83. Disponible en: <https://cutt.ly/hfXQj0p>
- Nouri, J., Zhang, L., Mannila, L., y Norén, E. (2020). Development of computational thinking, digital competence and 21st century skills when learning programming in K-9. *Education Inquiry*, 11(1), 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1080/20004508.2019.1627844>
- Ortega, B. y Asensio, M. (2018). DIY robotics: computational thinking based patterns to improve problem solving. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-Relatec*, 17(2), 129-143. DOI: <https://doi.org/10.17398/1695-288X.17.2.129>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Nueva York: Basic Books.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 95-12. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00191473>
- Peirats, J., Marín, D., y Vidal, M. (2019). Bibliometría aplicada a la gamificación como estrategia digital de aprendizaje. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 60. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/red/60/05>
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., y Mattsson, M. (2008). Systematic Mapping Studies in Software Engineering. *Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 68-77. DOI: <http://dx.doi.org/10.5555/2227115.2227123>
- Piazza, A., y Mengual, S. (2020). Computational thinking and coding in primary education: scientific productivity on SCOPUS. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 59, 147-181. DOI: <https://doi.org/10.12795/pixelbit.79769>
- Polanco, N., Ferrer, S., y Fernández, M. (2021). Aproximación a una definición de pensamiento computacional. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 55-76. DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.24.1.27419>
- Ramírez, M., y García, F. (2018). Co-creación e innovación abierta: Revisión sistemática de literatura. *Comunicar*, 26(54), 9-18. DOI: <https://doi.org/10.3916/C54-2018-01>
- Rodríguez, A., Raso F., y Ruiz, J. (2019). Competencia digital, educación superior y formación del profesorado: un estudio de meta-análisis en la Web of Science. *Pixel-Bit. Revista de Medios de Comunicación*, (54), 65-81. DOI: <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i54.04>
- Roig, R., y Moreno, V. (2020). El pensamiento computacional en educación. Análisis bibliométrico y temático. *Red. Revista de Educación a Distancia*, 20(63). DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/red.402621>
- Rose, S., Habgood, J., y Jay, T. (2017). An exploration of the role of visual programming tools in the development of young children's computational thinking. *Electronic Journal of E-Learning*, 15(4), 297-309. DOI: <https://doi.org/10.34190/ejel.15.4.2368>
- Tsai, M., Liang, J., y Hsu, C. (2021). The Computational Thinking Scale for Computer Literacy Education. *Journal of Educational Computing Research*, 59(4), 579-602. DOI: <https://doi.org/10.1177/0735633120972356>
- Valverde, J., Fernández, M., y Garrido, M. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *RED. Revista de Educación a Distancia*. 46(3). Disponible en: <https://revistas.um.es/red/article/view/240311>

- van de Oudeweetering, K., y Voogt, J. (2018). Teachers' conceptualization and enactment of twenty-first century competences: exploring dimensions for new curricula. *The Curriculum Journal*, 29(1), 116-133. DOI: <https://doi.org/10.1080/09585176.2017.1369136>
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., y Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715-728. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>
- Wing, J. (2006). Computational thinking. it represents a universally applicable attitude and skill set everyone, not just computer scientists, would be eager to learn and use. *Commun. ACM*, 49(3). DOI: <https://doi.org/10.1109/vlhcc.2011.6070404>
- Wing, J. (2008). *Computational thinking and thinking about computing*. Londres: The Royal Society Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- Wing, J. (2011). Research notebook: Computational thinking What and why? *The Link Magazine*. Spring. Carnegie Mellon University, Pittsburgh. Disponible en: <http://link.cs.cmu.edu/article.php?a=600>
- Yadav, A., Hong, H., y Stephenson, C. (2016). Computational thinking for all: Pedagogical approaches to embedding a 21st century problem solving in K-12 classrooms. *TechTrends*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>
- Zapata, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 46(4). DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/red/46/4>
- Zapata, M. (2019). Computational Thinking Unplugged. *Education in the Knowledge Society*, 20(18). DOI: https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18
- APÉNDICE**
- Atieno, L., Baafi, R., y Marta, T. (2020). Are computational thinking skills measurable? an analysis. *CEUR Workshop Proceedings*, 2650, 12-23.
- Azman, S., Arsat, M., y Mohamed, H. (2017). The framework for the integration of computational thinking in ideation process. *2017 IEEE 6th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, 61-65.
- Basu, S., Biswas, G., y Kinnebrew, J. S. (2017). Learner modeling for adaptive scaffolding in a Computational Thinking-based science learning environment. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 27(1), 5-53.
- Bustillo, J., y Garaizar, P. (2015). Scratching the surface of digital literacy... but we need to go deeper. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*.
- Díaz, F., Soledad, M., y Catino, M. (2020). Analysis on the incorporation of technologies with a pedagogical perspective. *2020 39th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)*, 1-8.
- Juškevičienė, A., y Dagienė, V. (2018). Computational Thinking Relationship with Digital Competence. *Informatics in Education*, 17(2), 265-284.
- L'Heureux, J., Cohen, R., Boisvert, D., y Sanghera, K. (2012). IT problem solving: an implementation of computational thinking in information technology. *SIGITE '12: Proceedings of the 13th annual conference on Information technology education*, 183-188.
- Perković, L. Settle, A., Hwang, S. y Jones, J. (2010). A framework for computational thinking across the curriculum. *ITICSE '10: Proceedings of the fifteenth annual conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 123-127.