







Instrumentos de evaluación del pensamiento computacional: una revisión sistemática

Instruments for Evaluating Computational Thinking: A Systematic Review

 Milena Corrales-Álvarez¹;
  Lina Marcela Ocampo²;
 Sergio Augusto Cardona Torres³

¹ Universidad del Quindío, Armenia-Colombia,
mcorrales@uniquindio.edu.co

² Universidad del Quindío, Armenia-Colombia,
lmocampo@uniquindio.edu.co

³ Universidad del Quindío, Armenia-Colombia,
sergio_cardona@uniquindio.edu.co

Cómo citar / How to cite

M. Corrales-Álvarez, L. M. Ocampo, and S. A. Cardona Torres,
“Instrumentos de evaluación del pensamiento computacional: una
revisión sistemática,” *Tecnológicas*, vol. 27, no. 59, e2950, 2024.
<https://doi.org/10.22430/22565337.2950>

Resumen

El pensamiento computacional (PC) es una nueva forma de alfabetización y se considera como una competencia clave para los ciudadanos de la era actual. Es un constructo compuesto que tiene relación con la resolución de problemas, el pensamiento matemático, el pensamiento crítico, la creatividad y la comunicación. La investigación sobre la evaluación del PC se encuentra en consolidación, sin embargo, se evidencia ausencia de agrupación sistemática de instrumentos de medición del PC en diferentes niveles educativos. El objetivo de esta revisión consistió en identificar los instrumentos usados como herramientas para medir el PC, las habilidades evaluadas y las propiedades psicométricas de los instrumentos. Esta revisión sistemática presentó el análisis de 52 artículos encontrados del 2012 al 2022. Los resultados de la revisión demostraron un crecimiento significativo en las publicaciones relacionadas con el diseño y la validación de instrumentos de medición del PC en los últimos años. Se encontró que más del 80 % de los instrumentos presentaron evidencia de validez y confiabilidad, destacando la validez de contenido, la validez de constructo y la consistencia interna. Así mismo, en algunos instrumentos se consideraron la evaluación de habilidades afectivas, sociales y actitudes, lo cual enriquecía la valoración de las habilidades cognitivas. Sin embargo, se evidenció la ausencia de los países de Centro y Sur América en los artículos analizados sobre esta temática, al igual que la escasez de instrumentos dirigidos a la primera infancia y a los docentes. Estos hallazgos resaltan la necesidad de continuar investigando el PC desde la perspectiva de la evaluación en poblaciones específicas.

Palabras clave

Pensamiento computacional, instrumentos de evaluación, propiedades psicométricas, habilidades de pensamiento, métodos estadísticos.

Abstract

Computational Thinking (CT) is considered a key literacy skill in the digital age. It encompasses problem-solving, mathematical thinking, critical thinking, creativity, and communication. Since research on CT evaluation is in a consolidation phase, there is still a lack of systematic grouping of assessment instruments across different educational levels. This review aimed to identify the instruments used to measure CT, the evaluated skills, and the psychometric properties of these instruments. For such purpose, a systematic review of 52 articles published between 2012 and 2022 was conducted. The results revealed a significant growth in publications on the design and validation of CT measurement instruments in recent years. Over 80 % of the instruments demonstrated validity and reliability, particularly in terms of content validity, construct validity, and internal consistency. Furthermore, some instruments also evaluated affective and social skills, as well as attitudes, which enhanced the assessment of cognitive skills. However, the absence of contributions from Central and South American countries in the analyzed literature, along with the scarcity of instruments aimed at early childhood and teachers, highlights the need for further research into CT assessment in specific populations.

Keywords

Computational thinking, assessment instruments, psychometric properties, thinking skills, statistical methods.

1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, la comunidad educativa y científica ha resaltado la importancia de incorporar el pensamiento computacional (PC) en el currículo en los diferentes niveles de formación educativa. Al ser considerado un área emergente, no existe aún consenso sobre su conceptualización y operacionalización, lo cual propicia que se implemente de diversas maneras en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. La dificultad para desarrollar metodologías y herramientas de evaluación del constructo surge debido a la limitación en la unificación conceptual del PC [1]. El avance de las tecnologías de la información y comunicación implica el desarrollo de competencias digitales para los ciudadanos del siglo XXI [2], [3], develando transformaciones en la forma de pensar, actuar, comunicar y resolver problemas.

Desde lo conceptual, para este constructo se han planteado diferentes definiciones para PC. La publicación de [4] se ha tomado en cuenta el punto inicial, el cual se define como el proceso que involucra la resolución de problemas, el diseño de sistemas y la comprensión del comportamiento humano, utilizando los principios básicos de la informática; [5] propuso definiciones del PC desde lo genérico, operacional, psicológico-cognitivo y educativo-curricular. En su revisión de literatura, [6] sugirieron clasificar las definiciones en dos aspectos. El primero corresponde a la relación que se establece entre la programación y los conceptos computacionales, donde se destacaron los autores [7]–[9]. El segundo, al conjunto de competencias que deben desarrollar los estudiantes tanto en conocimientos específicos del dominio como en habilidades para resolver problemas, coherente con las propuestas de la International Society for Technology in Education (ISTE, por sus siglas en inglés) y la Computer Science Teachers Association (CSTA, por sus siglas en inglés) [10], junto con [11], y [12].

Se evidenciaron iniciativas para introducir el PC en los currículos y también la implementación de herramientas que permiten evaluarlo de forma válida y confiable. Entre estas herramientas se identificaron, los cuestionarios [13]–[15], las pruebas basadas en tareas [16], las pruebas de codificación [17] y la observación. Es necesario fortalecer la medición del constructo desde instrumentos que cuenten con propiedades psicométricas, para ser aplicados en diferentes niveles educativos. Esta revisión sistemática fue motivada por la necesidad de medir el PC e identificar los instrumentos que se han desarrollado para evaluarlo. Específicamente, desde la identificación de variables bibliométricas y de interés, como el tipo de instrumento, cantidad de ítems, población objeto de estudio, cantidad de individuos de la muestra, evidencia de prueba piloto, identificación de las habilidades/competencias, sustento teórico para la construcción y propiedades psicométricas.

1.1 Revisión de literatura

El estudio de investigaciones previas relacionadas con el uso de instrumentos para evaluar el PC permitió identificar el estado actual de este campo de conocimiento. Como resultado de esta búsqueda se encontraron 15 revisiones de la literatura, clasificadas en diferentes categorías como: de alcance [18]–[20], mapeo sistemático o bibliométrico [21], [22], revisiones sistemáticas [6], [23]–[29] y metaanálisis [30], [31]. El análisis de estas revisiones mostró la oportunidad de realizar un estudio que evidencie la necesidad de conocer las propiedades psicométricas de los instrumentos que evalúan el PC, las herramientas que miden el PC y la identificación de diferentes variables vinculadas al PC.

Los artículos de revisión aportaron en el reconocimiento de la investigación sobre evaluación del PC. La revisión de alcance de las evaluaciones de PC en la educación superior

[19] identificó los estudios empíricos sobre evaluaciones de PC en postsecundaria. La mayoría de los instrumentos analizados intentaron medir las habilidades de PC mediante la combinación de diversas dimensiones, como conceptos, prácticas y perspectivas. Entre las habilidades evaluadas con mayor frecuencia en estos estudios se encontraron el pensamiento algorítmico, la resolución de problemas, el manejo de datos, la lógica y la abstracción. Sin embargo, solo cuatro de estos instrumentos presentaron evidencia suficiente de confiabilidad y validez.

La revisión de alcance de la investigación empírica sobre evaluaciones recientes de PC [18] los autores clasificaron características asociadas a la programación gráfica o por bloques, simulación web, juegos basados en robótica, tests y escalas. La mayoría de los estudios que conformaron la muestra de esta revisión adoptan un diseño cuasiexperimental, pocas presentan evidencia de validez. Esta revisión permitió concluir que es necesario implementar evaluaciones dirigidas a varios niveles de habilidades de pensamiento superior.

En el artículo de revisión sistemática [6], evaluaron 96 artículos considerando las variables nivel educativo, tema de evaluación, entorno educativo y herramienta de evaluación. En esta revisión se concluyó que se requieren más evaluaciones enfocadas a estudiantes de secundaria, universidad y docentes, adicionalmente contar con evidencias de confiabilidad y validez de los instrumentos. [25] por su parte, analizaron 64 estudios que se centraron en la medición del PC, presentando las propiedades psicométricas de los instrumentos que se enfocaban principalmente en la determinación de niveles y medición de habilidades.

En la recopilación de los artículos de revisión, mapeo y metaanálisis, Scopus, ScienceDirect, ERIC y Web of Science (WOS), fueron las fuentes más seleccionadas para realizar las búsquedas. Con respecto a las poblaciones objeto de estudio, la Figura 1 muestra que la población seleccionada con mayor frecuencia fueron estudiantes en edades educativas de K-12. No se encontró evidencias de revisiones de la literatura dirigida a docentes.

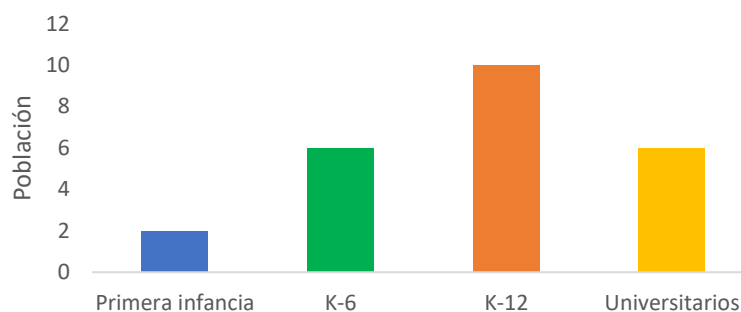


Figura 1. Población objetivo abordada en las revisiones de la literatura. Fuente: elaboración propia.

De las 15 revisiones, la propuesta por [22] fue la revisión que tomó la mayor cantidad de artículos de muestra (321 en total), la propuesta por [23] fue la que tomó menos artículos de muestra (15). Las demás muestras oscilaron entre 17 y 101 artículos. En la Figura 2 se presentan la cantidad de artículos incluidos en las 15 revisiones.

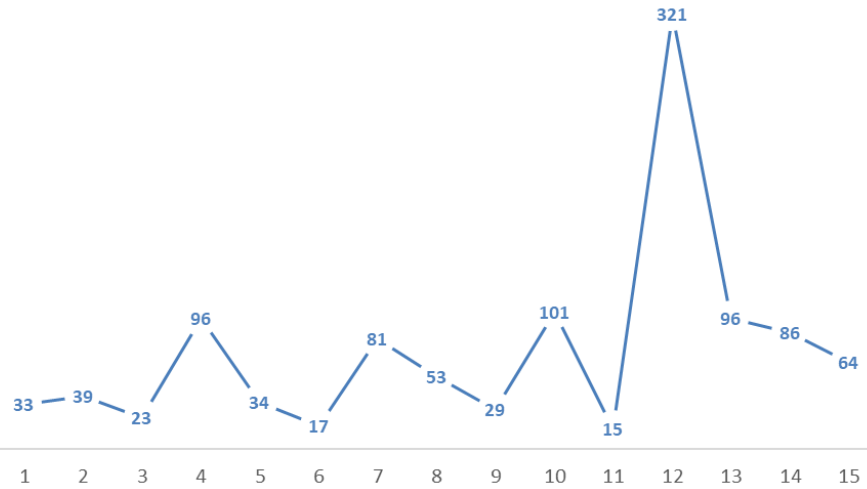


Figura 2. Cantidad de artículos incluidos en cada revisión. Fuente: elaboración propia.

Como complemento, en la Tabla 1 se muestra el nombre de las revisiones y el país donde se realizó la investigación.

Tabla 1. Artículos de revisión de la literatura. Fuente: elaboración propia.

| No. | Título | País |
|-----|--|-----------------|
| 1 | A scoping review of computational thinking assessments in higher education [19] | Canadá |
| 2 | A Scoping Review of Empirical Research on Recent Computational Thinking Assessments [18] | Canadá |
| 3 | Approaches to Assess Computational Thinking Competences Based on Code Analysis in K-12 Education: A Systematic Mapping Study [21] | Brasil |
| 4 | Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies [6] | EE. UU. |
| 5 | Computational thinking and academic achievement: A meta-analysis among students [32] | China |
| 6 | Computational thinking learning experiences, outcomes, and research in preschool settings: a scoping review of literature [20] | USA |
| 7 | Computational Thinking Through an Empirical Lens: A Systematic Review of Literature [27] | China |
| 8 | Computational thinking in primary education: a systematic literature review [26] | Italia |
| 9 | How to Develop Computational Thinking: A Systematic Review of Empirical Studies [28] | Turquía |
| 10 | Mapping Computational Thinking through Programming in K-12 Education: A Conceptual Model based on a Systematic Literature Review [29] | Grecia |
| 11 | Preschool children, robots, and computational thinking: A systematic review [23] | EE. UU. Uruguay |
| 12 | Trends and development in research on computational thinking [22] | Turquía |
| 13 | Unleashing the Potential of Abstraction From Cloud of Computational Thinking: A Systematic Review of Literature [24] | China |
| 14 | Which way of design programming activities is more effective to promote K-12 students' computational thinking skills? A meta-analysis [31] | China |
| 15 | An investigation of the data collection instruments developed to measure computational thinking [25] | Turquía |

2. METODOLOGÍA

Esta revisión sistemática se llevó a cabo considerando el protocolo de la declaración Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Anlyses (PRISMA, por sus siglas en inglés) [33]. La revisión se realizó siguiendo el protocolo: (a) definición de las preguntas, el objetivo de la revisión y las variables objeto de estudio (bibliométricas y de interés); (b) búsqueda de la literatura (planteamiento de las cadenas de búsqueda, años para la ejecución de la búsqueda, criterios de inclusión y exclusión, las fuentes de consulta y selección de los estudios) y (c) artículos identificados.

2.1 Preguntas, objetivo y variables

Se proponen las siguientes preguntas como objeto de esta revisión sistemática:

- ¿Qué estudios han evaluado el PC con el soporte de instrumentos?
- ¿Cuáles son los instrumentos que se han propuesto para medir el PC?
- ¿A qué población está dirigida la aplicación del instrumento?
- ¿Cuáles son los constructos o habilidades evaluadas o de objeto de medición?
- ¿Cuáles son las propiedades psicométricas?
- ¿Qué métodos estadísticos se usaron para el análisis de las propiedades psicométricas?
- ¿Cuáles son los elementos considerados para la medición del PC desde las revisiones?

Estas convergen en el siguiente objetivo, identificar las herramientas que han sido utilizadas para medir el PC, las propiedades psicométricas de las mismas y las habilidades evaluadas.

Las variables que se plantearon se dividieron en dos categorías: (i) indicadores bibliométricos, título, fuente de información, año de publicación, país, idioma, autores, revista, el cuartil y los índices Scientific Journal Rankings (SJR) y Journal Citation Reports (JCR); y (ii) variables de interés, incluyendo tipo de instrumento, cantidad de ítems, edad de la población objetivo, habilidades/competencias evaluadas, fundamento teórico, autores, muestra, aplicación de prueba piloto, tipo y método para determinar la validez y la confiabilidad.

2.2 Búsqueda de la literatura

Para llevar a cabo la revisión, se establecieron ocho cadenas de búsqueda, a partir de la incorporación de conceptos clave como pensamiento computacional, evaluación e instrumentos. De acuerdo con las bases de datos consultadas se tuvo en cuenta la sintaxis requerida de donde se obtienen las siguientes cadenas:

"Pensamiento Computacional" AND medición
 "Computational Thinking" AND measuring
 "Computational thinking" + "measuring instruments"
 "Computational thinking" + "measurement"
 "Computational thinking" + "measure instruments"
 "Computational thinking" + "measurement tool"
 "Computational thinking" AND ("measur* instruments" OR "measur* tool*")
 "Computational thinking" AND ("assess" OR "validity" OR "reliability" OR "test" OR "scale")

El período de tiempo incluido fue de 2012 a 2022, porque, como indicó [34] este período es cuando el PC se comenzó a consolidar como constructo. Para la búsqueda accedió a cinco fuentes de información ScienceDirect, EBSCO Discovery, Scopus, WOS y Springer.

Como criterios de inclusión se consideraron exclusivamente artículos de investigación y artículos de revisión. Los criterios de exclusión utilizados fueron: formato libro, poster, memorias de eventos o que no usen un instrumento específico para medir el PC.

2.3 Artículos identificados

Inicialmente, la cantidad de artículos identificados fueron 439. Después de excluir los repetidos se obtuvieron 204, por limpieza se obtienen 115. Finalmente, considerando los criterios de exclusión se llegó a un total de 52 artículos para la revisión sistemática. La Figura 3 muestra el resumen de los artículos encontrados en cada etapa de la búsqueda, siguiendo el protocolo PRISMA.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de las variables bibliométricas

3.1.1 Bases de datos consultadas

La mayor cantidad de artículos (aproximadamente 63.4 %) se encontraron en Scopus. En la Figura 4 se especifican la cantidad de artículos identificados, teniendo en cuenta que varios fueron encontrados en más de una de las fuentes.

| Identificación | EBSCO Discovery | Scopus | ScienceDirect | Springer | WOS | Total |
|----------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----|-------|
| | 131 | 146 | 47 | 45 | 70 | 439 |
| Pantalla | Documentos repetidos | Documentos (sin duplicación) | Documentos excluidos por limpieza | Documentos (removiendo los excluidos) | | |
| | 235 | 204 | 89 | 115 | | |
| Elegibilidad | Documentos excluidos por algún criterio | Documentos (removiendo los excluidos) | | | | |
| | 48 | 67 | | | | |
| Incluidos | Documentos excluidos por énfasis | Documentos (removiendo los excluidos) | | | | |
| | 15 | 52 | | | | |

Figura 3. Flujo de la revisión sistemática. Fuente: Tomado de la declaración PRISMA [35].

3.1.2 Palabras que conforman el título

De acuerdo con el análisis, se evidencia que se repite con más frecuencia la palabra *pensamiento computacional* acompañado de las palabras *válida*, *escala*, *evaluar* y *test*, teniendo en cuenta que estas hacen referencia a características importantes de los instrumentos de medición.

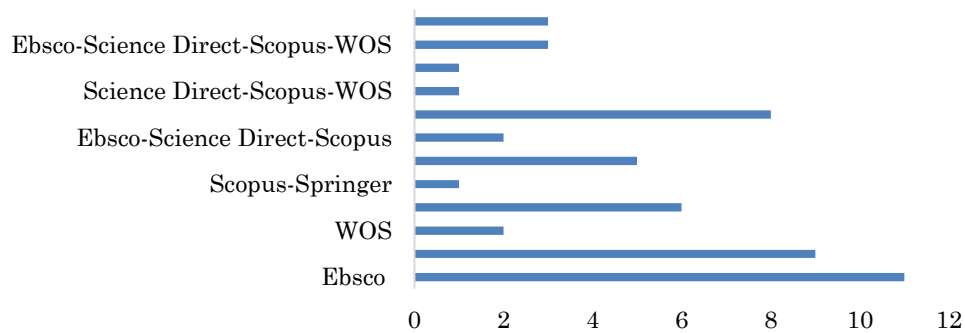


Figura 4. Bases de datos consultadas. Fuente: elaboración propia.

3.1.3 Año de publicación

Como se mencionó anteriormente, la búsqueda se realizó con restricción de 2012 a 2022. No se encontraron artículos que abordan la construcción de instrumentos en las 5 fuentes de búsqueda antes del 2017. En la Figura 5 se evidencia un crecimiento con respecto al avance en la publicación de instrumentos que midan el PC.

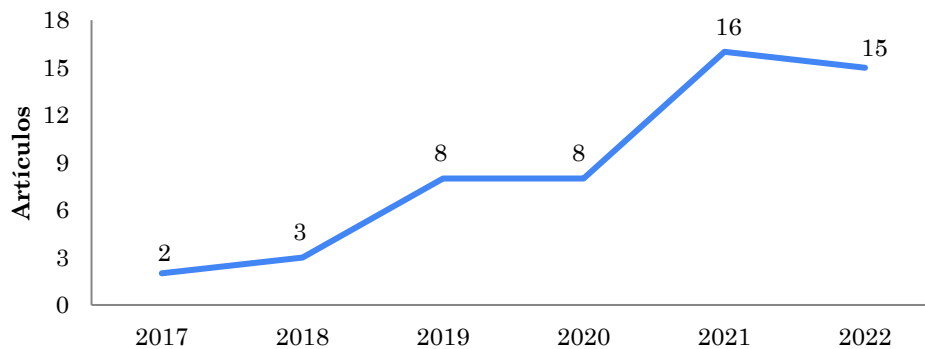


Figura 5. Año de publicación de artículos con evidencias de instrumentos. Fuente: elaboración propia.

3.1.4 País donde se llevó a cabo la investigación

Turquía presentó la mayor cantidad de artículos —diez en total— seguido por China y Estados Unidos con ocho y siete artículos respectivamente. Solo se encontró un trabajo desarrollado en Latinoamérica, específicamente en Venezuela. En la Figura 6 se presenta la distribución por países.

3.1.5 Idioma

El idioma inglés fue el más predominante, con el 90 % de los artículos. El 4 % en español, el 4 % en turco y el 2 % en japonés.

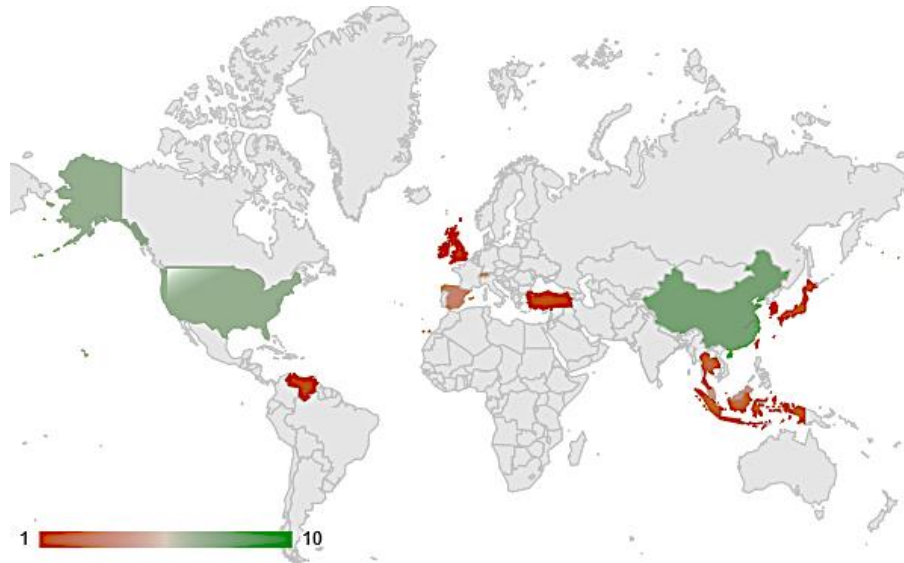


Figura 6. Distribución por países. Fuente: elaboración propia.

3.1.6 Autores

En la Tabla 2 se presentan los autores más representativos según la cantidad de artículos publicados.

Tabla 2. Autores más destacados. Fuente: elaboración propia.

| Autor | Cantidad de artículos |
|--|-----------------------|
| Yan Li [16], [36] | 2 |
| Juan Carlos Pérez González [37], [38] | 2 |
| Jungwon Cho [39], [40] | 2 |
| Saralah Sovey and Mohd Effendi [41], [42] | 2 |
| Siu Cheung Kong [43], [44] | 2 |
| Barbara Bruno, Laila El-Hamamsy, and Estefanía Martín-Barroso [15], [45] | 2 |
| Kamisah Osman [41], [42], [46] | 3 |
| Özgen Korkmaz [46]–[48] | 3 |
| Jessica Dehler Zufferey [15], [45], [49] | 3 |
| Marcos Román González [15], [37], [38], [50] | 4 |

Un aspecto importante que se consideró en la medición del PC son los autores más referenciados en los artículos analizados (ver Figura 7). Los referentes más destacados son Brennan y Resnick, Selby y Woollard, International Society for Technology in Education (ISTE), Computer Science Teacher Association (CSTA), Román et al. y Korkmaz et al. Los dos últimos autores se consideran referentes destacados porque los instrumentos propuestos por estos —Test de Pensamiento Computacional (CTt, por sus siglas en inglés) y la Escala basada en autoinforme (CTS, por sus siglas en inglés), son referidos con frecuencia para la medición del PC.



Figura 7. Referentes teóricos más citados. Fuente: elaboración propia.

3.1.7 Revista, cuartil, SJR y JCR

En el análisis, se presentan las publicaciones de impacto que evalúan la excelencia de los contenidos publicados. El JCR se centra principalmente en el número de citas, proporciona el factor de impacto y el cuartil para medir la influencia de una revista. SJR por el contrario, tiene en cuenta la calidad, la importancia relativa de las citas y el cuartil de la revista. De acuerdo con los resultados, *Journal of Educational Computing Research* y *Education and Information Technologies* se destacaron como las revistas más productivas, con seis y cuatro publicaciones respectivamente. Con respecto a los índices y cuartiles, 21 % de las revistas donde se realizaron las publicaciones no cuentan con clasificación en ninguno de los índices. La información de cada revista se presenta en la Tabla 3. En el trabajo de [22] se presentan las revistas más influyentes clasificadas según el número de artículos relacionados con el PC.

En la Figura 8 se presenta un resumen de los cuartiles que están vinculados los artículos donde fueron publicados. En total se identifican 40 revistas diferentes. En esta gráfica se evidencia que el 47.5 % de las revistas poseen la clasificación en el cuartil JCR y el 65 % tienen clasificación según el índice SJR.

Tabla 3. Información de las revistas. Fuente: elaboración propia.

| Revista | Número de artículos | Factor de impacto | Cuartil JCR | Indicador SJR | Cuartil SJR |
|---|---------------------|-------------------|-------------|---------------|-------------|
| Journal of Educational Computing Research | 6 | 0.14 | Q1 | 1.28 | Q1 |
| Education and Information Technologies | 4 | 0.23 | Q1 | 1.06 | Q1 |
| Computer Science Education | 2 | 0.29 | Q2 | 1 | Q1 |
| Computers in Human Behavior | 2 | 0.033 | Q1 | 2.17 | Q1 |
| European Journal of Educational Research | 2 | No | No | 0.31 | Q3 |
| Frontiers in Psychiatry | 2 | No | No | 1.28 | Q1 |
| AERA Open | 1 | 0.26 | Q2 | 0.86 | Q1 |
| British Journal of Educational Technology | 1 | 0.019 | Q1 | 1.87 | Q1 |
| Computers & Education | 1 | 0.054 | Q1 | 3.68 | Q1 |
| Computers in Education | 1 | 0.094 | Q1 | 1.04 | Q1 |
| Computers in the Schools | 1 | 0.38 | Q2 | 0.92 | Q1 |
| Current Psychology | 1 | 0.41 | Q2 | 0.51 | Q2 |
| Revista Digital del Doctorado en Educación de la Universidad Central de Venezuela | 1 | No | No | No | No |

| Revista | Número de artículos | Factor de impacto | Cuartil JCR | Indicador SJR | Cuartil SJR |
|--|---------------------|-------------------|-------------|---------------|-------------|
| Espacios | 1 | No | No | 0 | No |
| Hipotenusa: Journal of Mathematical Society | 1 | No | No | No | No |
| Open Conference on Computers in Education Informatics in Education | 1 | No | No | No | No |
| Interactive Learning Environments | 1 | 0.22 | Q1 | 0.96 | Q1 |
| International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA) | 1 | 0.096 | Q1 | 1.17 | Q1 |
| International Journal of Child-Computer Interaction | 1 | No | No | 0.28 | Q3 |
| International Journal of Educational Methodology | 1 | No | No | 1.03 | Q1 |
| International Journal of Learning, Teaching and Educational Research | 1 | No | No | No | No |
| International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) | 1 | No | No | No | No |
| International Journal on Informatics Visualization | 1 | No | No | 0.18 | Q4 |
| Journal of Computer and Mathematics Education | 1 | No | No | No | No |
| Journal of Research on Technology in Education | 1 | 0.28 | Q1 | 1.08 | Q1 |
| Journal of Science Education and Technology | 1 | 0.16 | Q1 | 1.15 | Q1 |
| Mathematics Teaching Research Journal | 1 | 0.26 | Q2 | 0.15 | Q4 |
| Pacific Rim Psychology | 1 | 0.62 | Q3 | 0.5 | Q2 |
| Participatory Educational Research | 1 | No | No | 0.25 | Q3 |
| Information and Technology in Education and Learning (ITEL) | 1 | No | No | No | No |
| Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa | 1 | No | No | No | No |
| Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi | 1 | No | No | No | No |
| Sustainability | 1 | 0.48 | Q2 | 0.66 | Q1 |
| Technology, Knowledge and Learning | 1 | No | No | 1.14 | Q1 |
| The All Ireland Journal of Teaching and Learning in Higher | 1 | No | No | No | No |
| Journal of the Human and Social Sciences Researches | 1 | No | No | No | No |
| Thinking Skills and Creativity | 1 | 0.23 | Q1 | 1.16 | Q1 |
| Transactions on Computing Education | 1 | 0.55 | Q3 | 0.99 | Q1 |

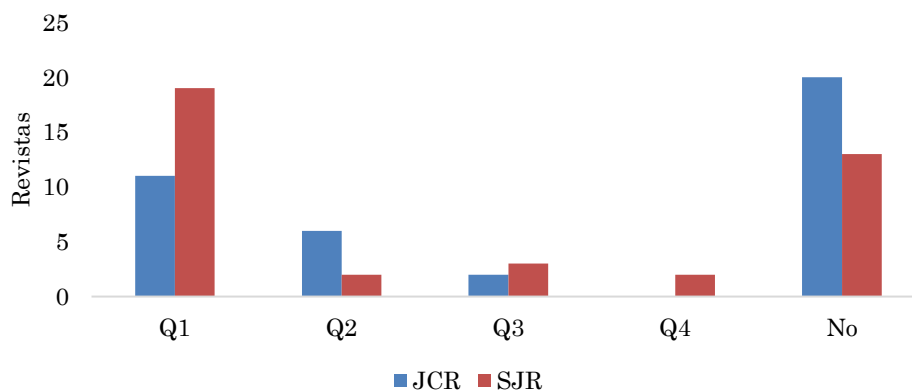


Figura 8. Clasificación por cuartiles de las revistas. Fuente: elaboración propia.

3.2 Análisis de variables de interés

La revisión sistemática incluyó 52 artículos y sólo hay 40 que incluyeron nuevos instrumentos. Los 12 faltantes corresponden a adaptaciones de alguno de ellos. En la Tabla 4 se presenta los instrumentos asociados a las referencias fuente y las que referencia que contiene la adaptación.

Tabla 4. Referencias fuente y adaptadas. Fuente: elaboración propia.

| Instrumento | Referencia original | Referencia adaptada | Adaptación | |
|--|---------------------|---------------------|--|---|
| Evaluación holística del pensamiento computacional (Hi-ACT) | [51] | [52] | Este artículo confirma las propiedades psicométricas del instrumento (validez y confiabilidad). Se eliminan 41 ítems del instrumento. Se evalúan 10 constructos: abstracción, pensamiento algorítmico, descomposición, depuración, generalización, evaluación, resolución de problemas, trabajo en equipo, comunicación e inteligencia espiritual. | |
| | [46] | [50] | Este artículo confirma la validez del constructo del CTS y sus cinco dimensiones. Se identifican dos factores constituidos por: (1) habilidades de pensamiento creativo, cooperación y pensamiento crítico y (2) pensamiento algorítmico. | |
| | | [53] | Este artículo confirma la validez del constructo del CTS y sus cinco dimensiones. Se adapta la descripción de seis preguntas de la escala las cuales estaban redactadas en negativo. | |
| Escala de pensamiento computacional (CTS) | | [47] | Se confirma la validez del constructo del CTS y sus cinco dimensiones. En el proceso de traducción de la escala se determinó la consistencia con las estructuras del idioma original a chino. | |
| | | [54] | Este artículo confirma las propiedades psicométricas del instrumento (validez y confiabilidad). Se utilizó el método de re-traducción para verificar la consistencia con las estructuras del idioma original a chino. Se modificó la redacción de ítems relacionados con resolución de problemas. | |
| | | [55] | Este artículo confirma la validez del constructo del CTS y las cinco dimensiones. Dos ítems se eliminaron de la dimensión de creatividad, un ítem de pensamiento crítico y tres ítems de resolución de problemas. | |
| | | [56] | Este artículo confirma la validez del constructo del CTS y las cinco dimensiones. Se identifican dos factores constituidos por: (1) habilidades de pensamiento creativo, cooperación y pensamiento crítico y (2) pensamiento algorítmico. | |
| | | [37], [38] | [50] | Se aplica la escala de Rash como técnica para validar las propiedades psicométricas de las habilidades del CTt. Así mismo se aplicó la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI) para verificar la objetividad de la prueba. No se modificó el CTt. |
| | | | [53] | Este artículo confirma las propiedades psicométricas del instrumento (validez y confiabilidad). Se utilizó el método de re-traducción para verificar la consistencia con las estructuras del idioma inglés a turco. |
| Test de Pensamiento Computacional (CTt) | | [37] | Se presenta la validez predictiva del CTt entre el rendimiento académico y el aprendizaje en una plataforma virtual (code.org). | |
| | | [57] | Este artículo confirma la confiabilidad del instrumento. Para la validación se aplicó juicio de expertos y la versión final reporta 28 ítems. | |
| | | [58] | se aplicó la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI) para verificar la objetividad de la prueba y la dificultad de los ítems. La versión final reporta 24 ítems, debido a que se eliminaron preguntas de condicionales y ciclos. | |
| | | [59] | Se aplica la escala de Rash como técnica para validar las propiedades psicométricas de las habilidades del CTt. La versión final reporta 28 ítems, debido a que se eliminaron preguntas de condicionales y ciclos. | |
| Instrumento de Disposición de Pensamiento Computacional (CTDI) | [42] | [41] | Este artículo confirma las propiedades psicométricas del instrumento (validez y confiabilidad). Se eliminan 9 ítem del instrumento en las dimensiones cognitiva y afectiva. | |

La evidencia reportada sobre la escala de CTS, sugiere que todos los instrumentos adaptados presentan un riguroso proceso de validación de las propiedades psicométricas. Con relación al CTt, se identifican adaptaciones lingüísticas y de modificación de cantidad de ítems.

3.2.1 Tipo de herramienta

Las 40 herramientas de evaluación analizadas se distribuyen como se presenta en la Figura 9. La clasificación se basó en la denominación que cada autor le dio a la herramienta dentro del artículo. Predominó la *escala* como el formato más usado (27.5 %), seguido por *evaluación* (22.5 %) y *valoración* (22.5 %).

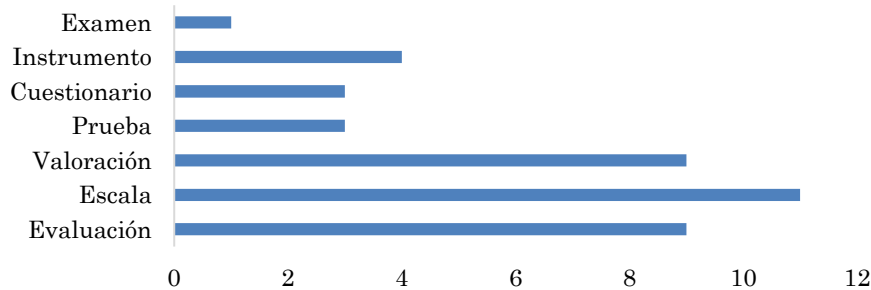


Figura 9. Tipo de herramientas. Fuente: elaboración propia.

3.2.2 Cantidad de ítems

En los artículos, se encontró que el 5.8 % de los instrumentos tiene hasta 10 ítems, el 73 % entre 10 y 30, el 9.7 % entre 31 y 40 y el 11.5 % con más de 40 ítems.

3.2.3 Población objeto de estudio

Con relación a la población objeto de estudio en las cuales se aplicaron los instrumentos, se encontró que el 25 % de los estudios se centró en estudiantes universitarios, el 3.8 % de los estudios se enfocaron en docentes en formación, el 35 % corresponde a estudiantes de secundaria, el 21 % a estudiantes de primaria y el 6 % en la primera infancia. El 5.7 % de los artículos corresponde a población de docentes. En la Figura 10 se presenta frecuencia de la población objeto de estudio.

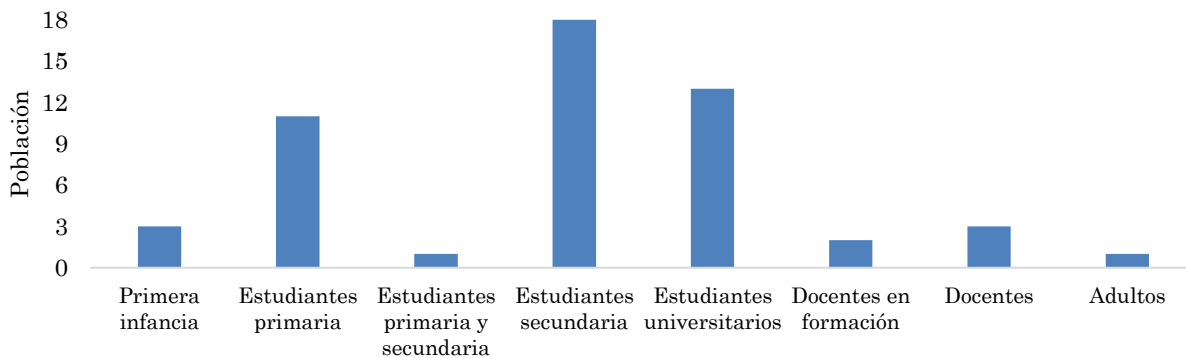


Figure 10. Población objeto de estudio. Fuente: elaboración propia.

3.2.4 Habilidades/competencias evaluadas en el PC

La diversidad en las definiciones del PC, muestran que los artículos abordan el constructo desde diferentes habilidades o competencias. Se destacó con mayor frecuencia la abstracción, el pensamiento algorítmico, la resolución de problemas, la descomposición, la depuración, los algoritmos y el modularidad. Se identificó en los 40 instrumentos que la abstracción, el pensamiento algorítmico, la resolución de problemas, la depuración, la modularización y las competencias afectivas se evalúan desde el 2017. En el 2018 se incluye la descomposición. Las habilidades cognitivas en algunos instrumentos se complementan con la evaluación de habilidades afectivas, sociales y actitudes. En la Tabla 5 se presentan los constructos asociados a cada uno de los 40 instrumentos.

En la Tabla 6 se presentan los artículos asociados con los instrumentos, las muestras utilizadas y las evidencias de validez y confiabilidad.

3.2.5 Validez y confiabilidad

Se presentan los resultados que corresponden a las evidencias de validez y confiabilidad. Se identificó que aproximadamente el 87 % de los instrumentos muestran evidencia de validez y el 69 % de confiabilidad. A continuación, se muestran en la Figura 11 y Figura 12 los tipos de validez y confiabilidad reportados por los autores de los artículos analizados.

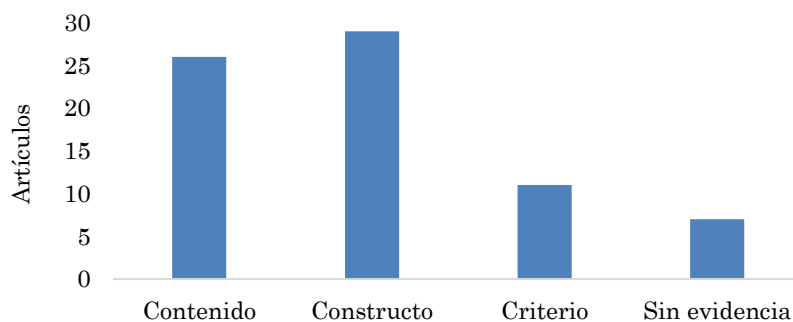


Figura 11. Criterios de validez. Fuente: elaboración propia.

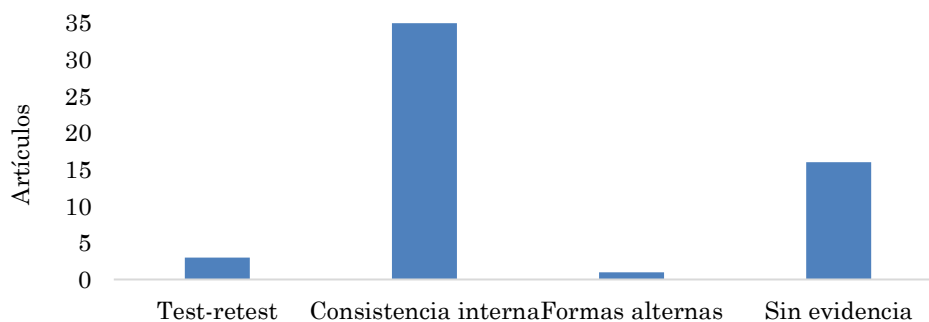


Figura 12. Criterios de confiabilidad. Fuente: elaboración propia.

Con respecto a las evidencias de confiabilidad presentadas en las investigaciones, se concluye que el 67 % hace referencia a la consistencia interna, el 30 % no especifican el método usado, el 5 % se refiere a test-retest y el 2 % corresponde a formas alternas. En la Tabla 6, se evidencia con mayor detalle la validez y confiabilidad asociada a cada artículo.

Tabla 5. Instrumentos y constructos evaluados de PC. Fuente: elaboración propia.

| No. | Instrumentos / Constructos evaluados | Abstracción | Pensamiento algorítmico | Resolución de problemas | Descomposición | Depuración | Algoritmos | Modularizar | Dimensiones afectivas/ Actitudes |
|-----|---|-------------|-------------------------|-------------------------|----------------|------------|------------|-------------|----------------------------------|
| 1 | Evaluación holística de PC (Hi-ACT) | X | X | X | X | X | | | X |
| 2 | Escala de pensamiento computacional orientada a la programación (P-CTS) | X | | | X | | | | |
| 3 | Escala habilidades de PC (CTS) scale | | X | X | | | | | X |
| 4 | Escala de PC (CTS) | | X | X | | | | | X |
| 5 | Escala de niveles de habilidades de PC | X | X | X | X | | | | X |
| 6 | Evaluación del PC en niños (TACTIC-KIBO) | X | | | | X | X | X | |
| 7 | Evaluación basada en computadora | | | X | | | | | |
| 8 | Escala de desarrollo de habilidades de PC | | X | X | | | | | X |
| 9 | Test de PC (CTt) | X | | X | | X | | X | X |
| 10 | Escala de autoeficacia del PC | X | | | X | | | | |
| 11 | Cuestionario de disposición de PC | | | | | | | | X |
| 12 | Evaluación de PC para estudiantes de primaria (CTA-CES) | X | X | | X | | | | |
| 13 | Evaluación del PC basado en la resolución de problemas complejos | | | X | | | | | |
| 14 | Instrumento de disposición de PC (CTDI) | | | | | | | | X |
| 15 | Prueba genérica para evaluar prácticas de PC | X | X | | | | | X | |
| 16 | Evaluación a partir de un juego basado en carta | | | | X | | X | X | |
| 17 | Examen triangular Brebras | | | | | | X | X | |
| 18 | Evaluación de habilidades de PC en niños pequeños (TechCheck) | | | | | X | X | X | |
| 19 | Prueba de PC competente (cCTt) | | | | | | X | | |
| 20 | Escala de PC para alfabetización informática | X | X | | X | | | | |
| 21 | Evaluación de competencia de PC (CTCA) | | X | | | | X | | |
| 22 | Herramienta de prueba de PC a partir de modelos | | | | | | X | | |
| 23 | Prueba de conceptos PC para la educación primaria basado en un enfoque | | | | | | X | | |
| 24 | Evaluación de conceptos de PC | X | | X | | X | | X | |
| 25 | Prueba de capacidad de PC matemático | X | X | | X | | | | |
| 26 | Test de pensamiento algorítmico para adultos (ATTA) | X | X | | X | X | | | |
| 27 | Test, cuestionario y entrevista de PC | | | | | | | | X |
| 28 | Cuestionario para evaluar componentes de PC en maestros | | | X | | | | | X |

| No. | Instrumentos / Constructos evaluados | Abstracción | Pensamiento algorítmico | Resolución de problemas | Descomposición | Depuración | Algoritmos | Modularizar | Dimensiones afectivas/ Actitudes |
|-----|---|-------------|-------------------------|-------------------------|----------------|------------|------------|-------------|----------------------------------|
| 29 | Prueba multidimensional de PC en universitarios | X | | | X | | X | | |
| 30 | Escala de autoeficacia en programación (CPSES) | | | | | X | X | | |
| 31 | Instrumento para evaluar habilidades de PC basado en el enfoque RME (educación matemática realista) | | | | X | | X | | |
| 32 | Escala para el PC (CTS) | | X | X | | | | | X |
| 33 | Cuestionario de PC (QCT) | X | | | X | | X | | |
| 34 | Escala de percepción de autoeficacia para enseñanza del PC | X | X | X | | | | | |
| 35 | Escala de percepciones sobre codificación y PC (TBaCCT) | X | | X | X | | X | | |
| 36 | Evaluación de eficacia y actitudes de áreas STEM en maestros (T-STEM-CT) | | | | | | | | X |
| 37 | Prueba para evaluar habilidades de PC | X | X | | X | X | | | |
| 38 | Evaluación temprana | | | | X | X | | | |
| 39 | Prueba de PC para estudiantes de escuela primaria (CTT-ES) | X | | | X | | X | | |
| 40 | Prueba PC para edades tempranas (BCTt) | | | | | | | | |
| | | 17 | 13 | 12 | 16 | 9 | 14 | 7 | 11 |

Tabla 6. Artículos asociados con los instrumentos, las muestras y evidencias de validez y confiabilidad. Fuente: elaboración propia.

| Año | Instrumento | Título del artículo | Muestra | Validez | | | Confiabilidad | | | | |
|------|---|--|---------|-----------|------------|----------|---------------|-------------|----------------------|-----------------|---------------|
| | | | | Contenido | Constructo | Criterio | Sin evidencia | Test-retest | Consistencia interna | Formas alternas | Sin evidencia |
| 2017 | Escala de PC (CTS) | A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS) | 580 | | X | | | | X | | |
| 2017 | Test de PC (CTt) | Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test | 1521 | | | X | | | X | | |
| 2018 | Escala de habilidades de PC(CTS) | A valid and reliable tool for examining computational thinking skills | | X | X | | | X | X | | |
| 2018 | Test de pensamiento computacional (CTt) | Can computational talent be detected? Predictive validity of the Computational Thinking Test | 314 | | | X | | | | | X |
| 2018 | Escala de percepción de autoeficacia para la enseñanza del PC | The scale of self-efficacy perception towards teaching computational thinking: a validity and reliability study | 378 | | X | | | | X | | |
| 2019 | Evaluación holística de PC (Hi-ACT) | A proposal for holistic assessment of computational thinking for undergraduate: Content validity | 0 | X | | | | | | | X |

| Año | Instrumento | Título del artículo | Muestra | Validez | | | Confiabilidad | | | |
|------|---|---|---------|-----------|------------|----------|---------------|-------------|----------------------|-----------------|
| | | | | Contenido | Constructo | Criterio | Sin evidencia | Test-retest | Consistencia interna | Formas alternas |
| 2019 | Escala para el PC (CTS) | Adapting computational thinking scale (CTS) for Chinese high school students and their thinking scale skills level | 1015 | | X | | | X | X | |
| 2019 | Escala de autoeficacia del PC | Computational thinking self-efficacy scale: Development, validity, and reliability | 319 | X | X | | | | X | |
| 2019 | Cuestionario para evaluar componentes de PC en maestros | Computational thinking for preservice teachers in Thailand: A confirmatory factor analysis. | 747 | X | | | | | | X |
| 2019 | Escala de autoeficacia en programación (CPSES) | Developing the Computer Programming Self-Efficacy Scale for Computer Literacy Education | 106 | | X | | | | X | |
| 2019 | Escala para el PC (CTS) | Development of Computational Thinking Scale: Validity and Reliability Study | 426 | X | X | | | | X | |
| 2019 | Examen triangular Brebras | Computational Thinking: Bebras Challenge Versus Computer Programming | 150 | | | | X | | | X |
| 2019 | Herramientas de prueba de PC a partir de modelos | Toward developing a real-world computational thinking test tool from existing models | 204 | X | | | | | X | |
| 2020 | Evaluación holística del PC (Hi-ACT) | A Pilot Study of an Instrument to Assess Undergraduates' Computational Thinking Proficiency | 548 | | X | | | | X | |
| 2020 | Escala CTS orientada a la programación (P-CTS) | A Valid and Reliable Scale for Developing Programming-Oriented Computational Thinking | 360 | | X | | | | X | |
| 2020 | Adaptación de la prueba de PC | Adaption of the computational thinking test into Turkish | 502 | | | | X | | X | |
| 2020 | Escala de desarrollo de habilidades de PC | The Development of Computational Thinking Skills Scale: Validity and Reliability Study | 254 | X | X | | | | X | |
| 2020 | Cuestionario de disposición de PC | Development and Predictive Validity of the Computational Thinking Disposition Questionnaire | 907 | | X | | | | | X |
| 2020 | Evaluación de PC para estudiantes de primaria (CTA-CES) | Development and Validation of Computational Thinking Assessment of Chinese Elementary School Students | 280 | X | X | X | | | X | |
| 2020 | Evaluación de habilidades de PC en niños pequeños (TechCheck) | TechCheck: Development and Validation of an Unplugged Assessment of Computational Thinking in Early Childhood Education | 768 | | | X | | | X | |

| Año | Instrumento | Título del artículo | Muestra | Validez | | | Confiabilidad | | | | |
|------|---|--|---------|-----------|------------|----------|---------------|-------------|----------------------|-----------------|---------------|
| | | | | Contenido | Constructo | Criterio | Sin evidencia | Test-retest | Consistencia interna | Formas alternas | Sin evidencia |
| 2020 | Escala para el PC | Analysis of a Novel Computational Thinking Test in First Year Undergraduate Computer Science Course | 292 | | | | X | | | | X |
| 2021 | Adaptación de la prueba (CTt) | A comprehensive assessment of secondary school students computational thinking skills. | 328 | | | | X | | X | | |
| 2021 | Evaluación de conceptos de PC | A principled approach to designing computational thinking concepts and practices assessments for upper elementary grades | 5698 | X | X | | | | X | | |
| 2021 | Prueba para evaluar habilidades de PC | An alternative approach for measuring computational thinking: Performance-based platform | 156 | X | X | X | | | X | | |
| 2021 | Adaptación prueba de PC (CTt) | Assessing computational thinking abilities among Singapore secondary students: a Rasch model measurement analysis | 153 | X | | | | | X | | |
| 2021 | Evaluación basada en computadora | Beyond Programming: A Computer-Based Assessment of Computational Thinking Competency | 119 | | X | | | | X | | |
| 2021 | Test, cuestionario y entrevista de PC | Computational thinking evaluation tool development for early childhood software education | 0 | X | | | | | | | X |
| 2021 | Evaluación temprana | Design and validation of learning trajectory-based assessments for computational thinking in upper elementary grades | 144 | X | | | | | | | X |
| 2021 | Instrumento para evaluar las habilidades de PC basado en el enfoque RME (Educación Matemática Realista) | Development of Instrument Test Computational Thinking Skills IJHS/JHS Based RME Approach | 102 | X | | | | | X | | |
| 2021 | Aplicación del test de PC (CTt) | Computational thinking in elementary and middle school students | 176 | X | | | | | X | | |
| 2021 | Evaluación del PC basado en la resolución de problemas complejos | Evaluar el PC mediante Resolución de Problemas: Validación de un Instrumento de Evaluación. (Spanish) | 38 | | X | X | | | | | X |
| 2021 | Cuestionario de PC (QCT) | Examination of Turkish Middle School STEM Teachers' Knowledge about Computational Thinking and Views Regarding Information and Communications Technology | 121 | | | | X | | | | X |

| Año | Instrumento | Título del artículo | Muestra | Validez | | | Confiabilidad | | | | |
|------|--|--|---------|-----------|------------|----------|---------------|-------------|----------------------|-----------------|---------------|
| | | | | Contenido | Constructo | Criterio | Sin evidencia | Test-retest | Consistencia interna | Formas alternas | Sin evidencia |
| 2021 | Prueba genérica para evaluar prácticas de PC | Item response analysis of computational thinking practices: Test characteristics and students' learning abilities in visual programming contexts | 13956 | X | | | | | | X | |
| 2021 | Evaluación a partir de un juego basado en cartas | Measuring coding ability in young children: relations to computational thinking, creative thinking, and working memory | 15 | X | X | X | | X | X | | |
| 2021 | Escala de percepciones sobre codificación y PC (TBaCCT) | Measuring teacher beliefs about coding and computational thinking | 245 | | X | | | | | | X |
| 2021 | Evaluación de eficacia y actitudes de áreas STEM en maestros (T-STEM-CT) | Measuring in-service teacher self-efficacy for teaching computational thinking: development and validation of the T-STEM CT | 330 | | X | | | | X | | |
| 2021 | Escala de PC para alfabetización informática (CTS) | The Computational Thinking Scale for Computer Literacy Education | 388 | | X | | | | X | | |
| 2022 | Prueba de capacidad de PC matemático | Analysis of Content Validity on Mathematical Computational Thinking Skill Test for Junior High School Student Using Aiken Method | 7 | X | | | | | | | X |
| 2022 | Test de pensamiento algorítmico para adultos (ATTA) | Assessing Computational Thinking: Development and Validation of the Algorithmic Thinking Test for Adults | 289 | X | | | | | X | | |
| 2022 | Evaluación de PC en niños (TACTIC-KIBO) | Assessing young Korean children's computational thinking: A validation study of two measurements | 450 | X | X | X | | | X | | |
| 2022 | Prueba PC para edades tempranas (BCTt) | Comparing the psychometric properties of two primary school Computational Thinking (CT) assessments for grades 3 and 4: The Beginners' CT test (BCTt) and the competent CT test (cCTt) | 575 | | | | X | | | | X |
| 2022 | Escala de PC (CTt) | Computational Thinking Assessment – Towards More Vivid Interpretations | 202 | | | | X | | | | X |
| 2022 | Prueba multidimensional de PC en universitarios | Developing College students' computational thinking multidimensional test based on Life Story situations | 450 | | X | | | | | | X |
| 2022 | Prueba de PC para estudiantes de escuela primaria (CTT-ES) | Development and Validation of the Computational Thinking Test for Elementary School Students (CTT-ES): | 631 | X | X | X | | | X | | |

| Año | Instrumento | Título del artículo | Muestra | Validez | | | Confiabilidad | | | | |
|------|--|---|---------|-----------|------------|----------|---------------|-------------|----------------------|-----------------|---------------|
| | | | | Contenido | Constructo | Criterio | Sin evidencia | Test-retest | Consistencia interna | Formas alternas | Sin evidencia |
| 2022 | Adaptación de la escala basada en autoinforme | Correlate CT Competency With CT Disposition. Development of the Japanese Version of the Computational Thinking Scales for First-Year University Students in Humanities | 511 | | X | X | | | X | | |
| 2022 | Escala de niveles de habilidad de PC | Evaluation and developmental suggestions on undergraduates' computational thinking: a theoretical framework guided by Marzano's new taxonomy | 737 | | X | | | | X | | |
| 2022 | Instrumento de disposición de PC (CTDI) | Exploratory and Confirmatory Factor Analysis for Disposition Levels of Computational Thinking Instrument Among Secondary School Students | 500 | X | X | | | | X | | |
| 2022 | Instrumento de disposición de PC (CTDI) | Gender differential item functioning analysis in measuring computational thinking disposition among secondary school students | 500 | X | X | | | | X | | |
| 2022 | Versión tailandesa de Escala basada en autoinforme | Reliability and Construct Validity of Computational Thinking Scale for Junior High School Students: Thai Adaptation | 3241 | | X | X | | | X | | |
| 2022 | Prueba de PC competente (cCTt) | The competent Computational Thinking Test: Development and Validation of an Unplugged Computational Thinking Test for Upper Primary | 1519 | X | X | | | | X | | |
| 2022 | Evaluación de competencia de PC (CTCA) | The Use of Cognitive Diagnostic Modeling in the Assessment of Computational Thinking | 564 | X | | | | | | | X |
| 2022 | Prueba de conceptos PC para la educación primaria basado en un enfoque ECD | Validating a computational thinking concepts test for primary education using item response theory: An analysis of students' responses | 13670 | X | | | | | X | | |

3.3 Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática consistió en identificar los estudios que han llevado a cabo la construcción de instrumentos de medición del PC, buscando identificar variables bibliométricas y de interés que permitan profundizar en el objeto de estudio.

Se seleccionaron un total de 52 artículos de investigación y se encontraron otros 15 artículos en formato de metaanálisis, mapeos y revisiones sistemáticas. De estos se destacan cuatro estudios [6], [18], [19], [25] que hacen evidente una de las necesidades que fundamenta, da valor y argumenta esta revisión; y corresponde al análisis de las propiedades psicométricas de los instrumentos. Para esto se requirió precisar los métodos utilizados para la determinación de la validez y la confiabilidad, proceso que se puede abordar desde la Teoría Clásica de Pruebas (TCT, por sus siglas en inglés) y la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI). La TCT se basa en métodos que evalúan la calidad de las pruebas mediante la medición de la consistencia interna y la validez de contenido, criterio y constructo. Por otro lado, la TRI ofrece un enfoque más avanzado al considerar las características individuales de los ítems y los participantes, permitiendo una estimación más precisa de las habilidades evaluadas y una evaluación más sensible del rendimiento. Al integrar ambos enfoques, se puede obtener una evaluación más completa y confiable de las pruebas, lo que facilita la toma de decisiones fundamentadas en diversos contextos educativos y profesionales. De los artículos incluidos en esta revisión se encontró que varios de ellos hacían referencia a adaptaciones de dos instrumentos: el Test de Pensamiento Computacional (CTt, por sus siglas en inglés) y la Escala basada en autoinforme (CTS, por sus siglas en inglés). Todas las adaptaciones de CTS [46] y CTt [37], [38], presentan evidencias de propiedades psicométricas.

Al contrastar los autores de los 52 artículos, con los autores más referenciados en ellos, encontramos que Marcos Román-González y Özgen Korkmaz se encuentran en los dos ámbitos, lo que evidencia su trayectoria en el estudio de la evaluación del PC.

En el protocolo de la revisión se plantearon seis preguntas que permiten ahondar en la discusión:

- *¿A qué población está dirigida la aplicación del instrumento?*

En los 52 artículos analizados se aborda población en los diferentes niveles de escolaridad desde la primera infancia hasta formación universitaria, además de docentes en formación. Solo el instrumento denominado test de pensamiento algorítmico (ATTA, por sus siglas en inglés) está orientado a los adultos. Se identifica que la población objetivo en su mayoría está determinada por estudiantes de secundaria (35 %) y universitarios (25 %). Existen dos artículos que abordan la población de docentes en formación [60], [61], tres artículos con población de docentes [62]-[64] y un artículo que propone el trabajo con adultos [49]. De acuerdo con este contexto, existe un espacio abierto de investigación para el diseño y validación de instrumentos que evalúen el PC en adultos, docentes o primera infancia.

- *¿Cuáles son los instrumentos que se han propuesto para medir el PC?*

Considerando la información seleccionada, se han propuesto 40 herramientas en diferentes formatos (examen, instrumento, cuestionario, test, prueba, escala y evaluación) predominando la escala como el formato más usado. En tres investigaciones se incluyeron formas de evaluar el PC, teniendo en cuenta procesos complementarios al uso de un instrumento, para esto usaron: (1) Una aplicación “Web interactiva” [48], (2) Tareas de las tarjetas Bebras combinado con el uso del Kit KIBO [65] y (3) Corresponde a una estrategia basada en juegos [16]. Las dos últimas fueron usadas para investigar en población de primera infancia. Esto permite tener un inventario sobre tipo, formato, constructos evaluados,

cantidad de reactivos, entre otra información para tomar decisiones sobre investigaciones futuras centradas en la medición del PC. Es importante destacar el año 2017 como un punto de referencia, ya que marca la primera publicación de un instrumento diseñado para evaluar el PC. Este hallazgo contrasta con lo mencionado por [66], quien sostiene otra perspectiva al respecto. Es importante aclarar que esta información se basa en una revisión sistemática, que no identificó instrumentos previos a ese año durante la búsqueda realizada.

- *¿Cuáles son los constructos o habilidades evaluados a partir de los instrumentos?*

Se identifican diversas habilidades asociadas al PC que incluyen conceptos, actitudes, procedimientos, así mismo, algunos autores incluyen los sentimientos. Las habilidades evaluadas en los artículos revisados son múltiples, lo que representa diferentes contextos para la evaluación del constructor y sugiere la necesidad de presentar propuestas que ofrezca la posibilidad de evaluar habilidades, conceptos, actitudes, procedimientos y sentimientos para una evaluación integral del PC [67],[68]. Los resultados obtenidos en esta revisión están en sintonía con revisiones previas [18], [19], [24], [29], [32], en las cuales las habilidades de pensamiento algorítmico, la resolución de problemas y la abstracción son las más evaluadas en el contexto del PC. Así mismo, se identifica que los conceptos computacionales (secuencias, condicionales y ciclos) son ampliamente evaluados en diferentes académicos, lo cual tiene correspondencia con las investigaciones de [20], [23], [27].

- *¿Cuáles son las propiedades psicométricas del instrumento?*

Con relación a la evidencia de las propiedades psicométricas de los instrumentos abordados desde la validez y la confiabilidad, esta revisión permite concluir que bajo el protocolo de búsqueda se determinó que el 86 % de los instrumentos presentaron evidencia de validez y el 69 % evidencia de confiabilidad, predominando la validez de contenido y constructo. Con respecto a la confiabilidad la consistencia interna fue la más usada en las investigaciones. De los artículos que adaptaron el CTS, el 100 % presentan evidencias de propiedades psicométricas. En cuanto a los artículos que hicieron adaptación del CTt, solo un artículo no presentó evidencia de validez. Los anteriores hallazgos distan de los resultados obtenidos en [6], en donde se resalta que un número importante de evaluaciones del PC carecían de evidencia de confiabilidad y validez.

- *¿Qué métodos estadísticos se usaron para el análisis de las propiedades psicométricas?*

Para determinar la validez los métodos más usados fueron métodos estadísticos como la correlación, análisis factorial exploratorio (AFE) y análisis factorial confirmatorio (AFC). La confiabilidad se comprobó usando en su mayoría el Alpha de Cronbach. En la adaptación de la escala CTS, en los trabajos de [47], [50], [53]–[56], se evidencia como método de validación preponderante el AFC. El AFC aparece en [25] como el método de validación más reportado en las escalas.

- *¿Cuáles son los elementos considerados para la medición del PC desde las revisiones?*

El análisis del PC se enfoca desde los fundamentos esenciales de la tecnología educativa, destacando sus fundamentos y las aportaciones que ofrece en el campo de la enseñanza. [69]. A continuación, se presentan en la Tabla 7 los elementos que se consideraron en cada uno de los 15 artículos en formato de revisión sistemática, mapeo y metaanálisis:

Tabla 7. Elementos considerados en los artículos de revisión. Fuente: elaboración propia.

| No. | Ref. | Análisis |
|-----|------|---|
| 1 | [19] | Resume estudios empíricos sobre las evaluaciones de PC en población universitaria. Los elementos considerados para la medición del PC fueron: evaluaciones basadas en bloques, pruebas de conocimientos/habilidades, escalas Likert autoinformadas, proyectos de programación, desempeño académico en cursos de informática, entrevistas y observaciones. |
| 2 | [18] | Identifica y clasifica las características claves de las evaluaciones de PC en estudiantes de k-12. Considera para la medición: tareas con artefactos tangibles, proyectos de programación, escalas Likert autoinformadas y test con única o múltiple respuesta. |
| 3 | [21] | Proporciona un análisis de los enfoques para la evaluación de actividades de programación basadas en bloques para estudiantes de k-12. Considera para la medición: evaluaciones basadas en bloques, proyectos de programación haciendo énfasis en conceptos computacionales. |
| 4 | [6] | Evalúa los contextos de implementación y herramientas de evaluación del PC en todos los niveles educativos. Considera para la medición: portafolio entrevistas, pruebas de conocimientos y combinación de técnicas. |
| 5 | [32] | Analiza la relación entre PC y el rendimiento académico en estudiantes de primer grado de primaria hasta cuarto año de universidad. Considera para la medición: desempeño académico y test de conocimiento. |
| 6 | [20] | Examina los estudios de PC existentes con participantes en edad preescolar. Considera para la medición: evaluaciones basadas en bloques, conceptos y perspectivas computacionales. |
| 7 | [27] | Describe las diversas formas en que el PC se ha operacionalizado y cómo se ha implementado el PC en la práctica. Considera para la medición: conceptos, prácticas y perspectivas computacionales. |
| 8 | [26] | Presenta una descripción del contexto educativo donde se ha implementado el PC, resaltan las formas de evaluación/medición de PC. Considera para la medición: conceptos, prácticas y perspectivas computacionales. |
| 9 | [28] | Investiga la relación de habilidades en entornos de aprendizaje, comprensión conceptual y las dimensiones relacionadas con PC. Considera para la medición: actividades de programación y actividades que requieren uso de tecnología sin programación. |
| 10 | [29] | Desarrolla un modelo conceptual para seis áreas de PC: conocimientos, estrategias de aprendizaje, evaluación, herramientas, factores y desarrollo de capacidades. Considera para la medición: escalas autoinformadas, pruebas, análisis de artefactos y pruebas. |
| 11 | [23] | Investiga los robots utilizados y los procesos de evaluación. Considera para la medición: portafolio, pruebas y encuestas. |
| 12 | [22] | Analiza las tendencias de investigación en el campo de PC. Considera para la medición: conceptos, prácticas y perspectivas computacionales. |
| 13 | [24] | Plantea la operacionalización de la abstracción en el contexto del PC. Considera para la medición: la abstracción y la generalización. |
| 14 | [31] | Establece el impacto de la enseñanza de la programación en las habilidades de CT de los estudiantes de K-12. Considera para la medición: herramientas de programación. |
| 15 | [25] | Determina las propiedades de los instrumentos desarrollados para medir el PC. Considera para la medición: propiedades psicométricas y habilidades de pensamiento. |

Las habilidades, las actitudes y las percepciones son dimensiones ampliamente utilizadas para la medición del PC. En los trabajos de [18]–[22], [27], predominan para la medición los elementos relacionados con las prácticas y los conceptos computacionales. Todas estas revisiones hacen referencia al Brennan y Resnick [7] el cual es uno de los marcos curriculares fundantes del PC. En las revisiones [6], [18], [19], [23], [29] las escalas autoinformadas también emergen como elementos para analizar las percepciones y preferencias de los estudiantes. La revisión sistemática de la literatura de [24] es la única que fundamenta la abstracción desde una perspectiva multidimensional.

4. CONCLUSIONES

El presente estudio realizó una revisión de 52 artículos relacionado con la evaluación y medición del PC publicados en revistas académicas entre los años 2012 y 2022. El análisis de las revisiones de alcance, mapeo sistemático y revisión de la literatura permitió conocer tanto el interés por consolidar la evidencia de la evaluación del PC como los espacios abiertos para la presente revisión. En ese contexto, se identificó la oportunidad de realizar una investigación orientada a conocer las propiedades psicométricas de los instrumentos que evalúan el PC, las herramientas que miden el PC y la identificación de variables relacionadas al PC.

Se implementó un proceso que garantiza la reproducibilidad del protocolo de revisión sistemática. Las preguntas de investigación contribuyeron a la delimitación de las variables bibliométricas y de interés. Las variables bibliométricas brindaron información que permitió conocer el crecimiento desde el año 2019 de la productividad de artículos relacionados con instrumentos de medición. Los países en los cuales se reporta mayor publicación de medición del PC son Turquía, Estados Unidos y China. En cuanto al cuartil de las revistas, para el índice JCR el 27.5 % de los artículos están en Q1 y para el índice SJR el 47.5 % están en Q1. En Colombia no se tiene evidencia de instrumentos de medición del PC. En cuanto a los referentes conceptuales, los autores Brennan y Resnick, Selby y Woollard, son referenciados ampliamente debido al reconocimiento de sus marcos curriculares del PC. Los autores Marcos Román González y Özgen Korkmaz, sobresalen por sus publicaciones y sus instrumentos han sido adaptados a otros países a nivel mundial. La Escala de Pensamiento Computacional (CTS) reporta seis adaptaciones con validación psicométrica en países de Europa y Asia. El Test de Pensamiento Computacional (CTt) tiene seis adaptaciones con propiedades de validez en países de Europa y Asia. Para países de Latinoamérica no se identifican adaptaciones a estos instrumentos. Los instrumentos se aplicaron mayormente en estudiantes de secundaria y universitarios, con lo cual se resalta la necesidad de investigaciones futuras que aborden poblaciones específicas, como niños en edades tempranas y adultos.

Los resultados de la revisión también mostraron la diversidad de habilidades de PC que se pretenden evaluar. Las habilidades tienen un origen multidimensional en las cuales se destacan habilidades de pensamiento algorítmico, habilidades cognitivas y capacidades de resolución de problemas. Las capacidades computacionales también son ampliamente evaluadas en particular conceptos que tienen relación directa con la programación de computadores (secuencias, condicionales, ciclos y eventos). Como aspecto a resaltar, se identifica que la abstracción es ampliamente evaluada en todas las poblaciones, sin embargo, es poca la evidencia científica que valora rigurosamente este constructo; solo la publicación de Ezeamuzie N.O y otros, operacionaliza de manera formal esta habilidad.

El proceso de revisión reveló hallazgos significativos que enfatizan la diversidad de instrumentos propuestos para medir este concepto, siendo la escala el formato más prevalente. Este hallazgo resalta la necesidad de una evaluación integral del PC que aborde una amplia gama de habilidades, conceptos, actitudes y procedimientos asociados. La mayoría de los instrumentos evaluados mostraron evidencia de validez y confiabilidad, destacando la validez de contenido y constructo, así como la consistencia interna como aspectos predominantes. Los métodos estadísticos más frecuentes para analizar estas propiedades son correlación, análisis factorial exploratorio (AFE) y confirmatorio (AFC), y el coeficiente Alfa de Cronbach.

Esta revisión aporta a futuras investigaciones, haciendo evidente el avance sobre la evaluación del PC a partir de instrumentos de medición que presentan propiedades psicométricas. Se concluye que se logró el objetivo de identificar las herramientas que han

sido utilizadas para medir el PC, junto con sus propiedades psicométricas y las habilidades evaluadas.

5. AGRADECIMIENTOS Y FINANCIACIÓN

Agradecimiento al Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad del Quindío, que otorga apoyo económico a las estudiantes Milena Corrales Álvarez y Lina Marcela Ocampo para su adelantar estudios de formación Doctoral. Agradecimiento a la Universidad del Quindío por la financiación del proyecto de investigación No 1187 de la convocatoria No 14 de 2022.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Milena Corrales-Álvarez: Metodología, conceptualización, investigación, redacción, revisión y edición.

Lina Marcela Ocampo: Metodología, conceptualización, investigación, redacción, revisión y edición.

Sergio Augusto Cardona-Torres: Conceptualización, investigación, redacción, revisión y edición.

6. REFERENCIAS

- [1] H. Arranz de la Fuente, and A. Pérez García, “Evaluación del pensamiento computacional en educación primaria,” *Rev. Interuniv. Investig. en Tecnol. Educ. Educ.*, no. 3, pp. 25–39, 2017. <http://dx.doi.org/10.6018/riite/2017/267411>
- [2] C. Fadel, M. Bialik, and B. Trilling, *Educación en cuatro dimensiones: las competencias que los estudiantes necesitan para su realización*, Santiago, Chile: Grafhika Impresores, 2016. [Online]. Available: <https://www.educarchile.cl/recursos-para-el-aula/educacion-en-cuatro-dimensiones>
- [3] C. L. Scott, “El futuro del aprendizaje 2 ¿Qué tipo de aprendizaje se necesita para el siglo XXI?,” Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, París, Rep. ERF No. 14, 2015. [Online]. Available: <https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/4661/EI%20futuro%20del%20aprendizaje%202%20Qu%20c3%a9%20tipo%20de%20aprendizaje%20se%20necesita%20para%20el%20siglo%20XXI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [4] J. M. Wing, “Computational thinking and thinking about computing,” *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.*, vol. 366, no. 1881, pp. 3717–3725, Oct. 2008. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- [5] M. Román-González, “Codigoalfabetización y pensamiento computacional en educación primaria y secundaria: validación de un instrumento y evaluación de programas,” Ph.D. dissertation, Escuela Internacional de Doctorado, Universidad Nacional de Educación a Distancia, España, 2016. [Online]. Available: <http://e-spacio.uned.es/fez/view/tesisuned:Educacion-Mroman>
- [6] X. Tang, Y. Yin, Q. Lin, R. Hadad, and X. Zhai, “Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies,” *Comput. Educ.*, vol. 148, p. 103798, Apr. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- [7] K. Brennan, and M. Resnick, “New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking,” in *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American educational research*

- association*, Vancouver, Canada, Apr. 2012, p. 25. [Online]. Available: <https://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>
- [8] D. Weintrop *et al.*, “Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms,” *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 25, pp. 127–147, Feb. 2016. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
 - [9] L. Werner, J. Denner, and S. Campe, “Children programming games: A strategy for measuring computational learning,” *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 14, no. 4, pp. 1–22, Dec. 2014. <https://doi.org/10.1145/2677091>
 - [10] ISTE, and CSTA, “Operational definition of computational thinking for K-12 education.,” National Science Foundation, 2011. [Online]. Available: <https://cdn.iste.org/www-root/Computational Thinking Operational Definition ISTE.pdf>
 - [11] C. Selby, and J. Woollard, “Computational thinking: the developing definition,” University of Southampton, Inglaterra, Rep. Soton356481, Oct. 2013. [Online]. Available: <http://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/356481>
 - [12] A. Yadav, C. Mayfield, N. Zhou, S. Hambrusch, and J. T. Korb, “Computational thinking in elementary and secondary teacher education,” *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–16, Mar. 2014. <https://doi.org/10.1145/2576872>
 - [13] E. Relkin, L. de Ruiter, and M. U. Bers, “TechCheck: Development and Validation of an Unplugged Assessment of Computational Thinking in Early Childhood Education,” *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 29, no. 4, pp. 482–498, Aug. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09831-x>
 - [14] E. Relkin, and M. Bers, “TechCheck-K: A measure of computational thinking for kindergarten children,” in *2021 IEEE Global Engineering Education Conference*, Vienna, Austria, 2021, pp. 1696–1702. <https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9453926>
 - [15] L. El-Hamamsy *et al.*, “Comparing the psychometric properties of two primary school Computational Thinking (CT) assessments for grades 3 and 4: The Beginners’ CT test (BCTt) and the competent CT test (cCTt),” *Front. Psychol.*, vol. 13, Dec. 2022. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1082659>
 - [16] L. Wang, F. Geng, X. Hao, D. Shi, T. Wang, and Y. Li, “Measuring coding ability in young children: relations to computational thinking, creative thinking, and working memory,” *Curr. Psychol.*, vol. 42, no. 10, pp. 8039–8050, Apr. 2021. <https://doi.org/10.1007/s12144-021-02085-9>
 - [17] K. Kanaki, and M. Kalogiannakis, “Assessing Algorithmic Thinking Skills in Relation to Gender in Early Childhood,” *Educ. Process Int. J.*, vol. 11, no. 2, pp. 44–59, Jun. 2022. <https://doi.org/10.22521/edupij.2022.112.3>
 - [18] M. Cutumisu, C. Adams, and C. Lu, “A Scoping Review of Empirical Research on Recent Computational Thinking Assessments,” *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 28, no. 6, pp. 651–676, Dec. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09799-3>
 - [19] C. Lu, R. Macdonald, B. Odell, and V. Kokhan, “A scoping review of computational thinking assessments in higher education,” *J. Comput. High. Educ.*, vol. 34, no. 2, pp. 416–461, Aug. 2022. <https://doi.org/10.1007/s12528-021-09305-y>
 - [20] K. I. McCormick, and J. A. Hall, “Computational thinking learning experiences, outcomes, and research in preschool settings: a scoping review of literature,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 27, no. 3, pp. 3777–3812, Apr. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10765-z>
 - [21] N. Da Cruz Alves, C. Gresse Von Wangenheim, and J. C. R. Hauck, “Approaches to assess computational thinking competences based on code analysis in K-12 education: A systematic mapping study,” *Informatics Educ.*, vol. 18, no. 1, pp. 17–39, Apr. 2019. <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.02>
 - [22] M. Tekdal, “Trends and development in research on computational thinking,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 26, no. 5, pp. 6499–6529, Sep. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10617-w>
 - [23] E. Bakala, A. Gerosa, J. P. Hourcade, and G. Tejera, “Preschool children, robots, and computational thinking: A systematic review,” *Int. J. Child-Computer Interact.*, vol. 29, p. 100337, Sep. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100337>
 - [24] N. O. Ezeamuzie, J. S. C. Leung, and F. S. T. Ting, “Unleashing the Potential of Abstraction From Cloud of Computational Thinking: A Systematic Review of Literature,” *J. Educ. Comput. Res.*, vol. 60, no. 4, pp. 877–905, Dec. 2022. <https://doi.org/10.1177/07356331211055379>
 - [25] H. Í. Haseki, and U. Ilic, “An Investigation of the Data Collection Instruments Developed to Measure Computational Thinking,” *Informatics Educ.*, vol. 18, no. 2, pp. 297–319, Oct. 2019. <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.14>
 - [26] P. Kakavas, and F. C. Ugolini, “Computational thinking in primary education: a systematic literature review,” *Research on Education and Media*, vol. 11, no. 2, Dec. 2019. <https://doi.org/10.2478/rem-2019-0023>
 - [27] N. O. Ezeamuzie, and J. S. C. Leung, “Computational Thinking Through an Empirical Lens: A Systematic Review of Literature,” *J. Educ. Comput. Res.*, vol. 60, no. 2, pp. 481–511, Apr. 2022. <https://doi.org/10.1177/07356331211033158>
 - [28] E. Taslibeyaz, E. Kursun, and S. Karaman, “How to Develop Computational Thinking: A Systematic

- Review of Empirical Studies,” *Informatics Educ.*, vol. 19, no. 4, pp. 701–719, Dec. 2020. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.30>
- [29] C. Tikva, and E. Tambouris, “Mapping Computational Thinking through Programming in K-12 Education: A Conceptual Model based on a Systematic Literature Review,” *Comput. Educ.*, vol. 162, p. 104083, Mar. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104083>
- [30] H. Lei, M. M. Chiu, F. Li, X. Wang, and G. Ya-Jing, “Computational thinking and academic achievement: A meta-analysis among students,” *Child. Youth Serv. Rev.*, vol. 118, p. 105439, Nov. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2020.105439>
- [31] L. Sun, L. Hu, and D. Zhou, “Which way of design programming activities is more effective to promote K-12 students’ computational thinking skills? A meta-analysis,” *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 37, no. 4, pp. 1048–1062, Aug. 2021. <https://doi.org/10.1111/jcal.12545>
- [32] L. Sun, L. Hu, and D. Zhou, “The bidirectional predictions between primary school students’ STEM and language academic achievements and computational thinking: The moderating role of gender,” *Think. Ski. Creat.*, vol. 44, p. 101043, Jun. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101043>
- [33] A. C. Tricco *et al.*, “PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation,” *Ann. Intern. Med.*, vol. 169, no. 7, pp. 467–473, Sep. 2018. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- [34] J. M. Wing, “Computational thinking,” *Commun. ACM*, vol. 49, no. 3, pp. 33–35, Mar. 2006. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/1118178.1118215>
- [35] G. Urrútia, and X. Bonfill, “PRISMA declaration: A proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses,” *Medicina Clínica*, vol. 135, no. 11, pp. 507–511, Oct. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- [36] Y. Li, S. Xu, and J. Liu, “Development and Validation of Computational Thinking Assessment of Chinese Elementary School Students,” *J. Pacific Rim Psychol.*, vol. 15, Aug. 2021. <https://doi.org/10.1177/18344909211010240>
- [37] M. Román-González, J. C. Pérez-González, J. Moreno-León, and G. Robles, “Can computational talent be detected? Predictive validity of the Computational Thinking Test,” *Int. J. Child-Computer Interact.*, vol. 18, pp. 47–58, Nov. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.004>
- [38] M. Román-González, J. C. Pérez-González, and C. Jiménez-Fernández, “Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test,” *Comput. Human Behav.*, vol. 72, pp. 678–691, Jul. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>
- [39] K. Lee, and J. Cho, “Computational Thinking Evaluation Tool Development for Early Childhood Software Education,” *JOIV Int. J. Informatics Vis.*, vol. 5, no. 3, p. 313, Sep. 2021. <https://doi.org/10.30630/joiv.5.3.672>
- [40] Y. Lee, and J. Cho, “Toward Developing a Real-World Computational Thinking Test Tool from Existing Models,” *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 2S6, pp. 389–393, Jul. 2019. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1073.0782S619>
- [41] S. Sovey, K. Osman, and M. E. E. M. Matore, “Gender differential item functioning analysis in measuring computational thinking disposition among secondary school students,” *Front. Psychiatry*, vol. 13, Nov. 2022. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.1022304>
- [42] S. Sovey, K. Osman, and M. E. E. Mohd-Matore, “Exploratory and Confirmatory Factor Analysis for Disposition Levels of Computational Thinking Instrument Among Secondary School Students,” *Eur. J. Educ. Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 639–652, Apr. 2022. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.2.639>
- [43] S. C. Kong, and Y. Q. Wang, “Item response analysis of computational thinking practices: Test characteristics and students’ learning abilities in visual programming contexts,” *Comput. Human Behav.*, vol. 122, p. 106836, Sep. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106836>
- [44] K. Siu-Cheung, and M. Lai, “Effects of a teacher development program on teachers’ knowledge and collaborative engagement, and students’ achievement in computational thinking concepts,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 54, no. 2, pp. 489–512, Mar. 2023. <https://doi.org/10.1111/bjet.13256>
- [45] L. El-Hamamsy, M. Zapata-Cáceres, E. M. Barroso, F. Mondada, J. D. Zufferey, and B. Bruno, “The Competent Computational Thinking Test: Development and Validation of an Unplugged Computational Thinking Test for Upper Primary School,” *J. Educ. Comput. Res.*, vol. 60, no. 7, pp. 1818–1866, May. 2022. <https://doi.org/10.1177/07356331221081753>
- [46] Ö. Korkmaz, R. Çakir, and M. Y. Özden, “A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS),” *Comput. Human Behav.*, vol. 72, pp. 558–569, Jul. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>
- [47] Ö. Korkmaz, and X. Bai, “Adapting Computational Thinking Scale (CTS) for Chinese High School Students and Their Thinking Scale Skills Level,” *Particip. Educ. Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 10–26, Jun. 2019. <https://doi.org/10.17275/per.19.2.6.1>
- [48] E. Çoban, and Ö. Korkmaz, “An alternative approach for measuring computational thinking: Performance-based platform,” *Think. Ski. Creat.*, vol. 42, p. 100929, Dec. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100929>

- [49] M. Lafuente Martínez, O. Lévêque, I. Benítez, C. Hardebolle, and J. D. Zufferey, “Assessing Computational Thinking: Development and Validation of the Algorithmic Thinking Test for Adults,” *J. Educ. Comput. Res.*, vol. 60, no. 6, pp. 1436–1463, Feb. 2022. <https://doi.org/10.1177/07356331211057819>
- [50] J. Guggemos, S. Seufert, and M. Román-González, “Computational Thinking Assessment – Towards More Vivid Interpretations,” *Technol. Knowl. Learn.*, vol. 28, no. 2, pp. 539–568, Jun. 2023. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09587-2>
- [51] D. E. Sondakh, K. Osman, and S. Zainudin, “A Proposal for Holistic Assessment of Computational Thinking for Undergraduate: Content Validity,” *Eur. J. Educ. Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 33–50, Jan. 2020. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.1.33>
- [52] D. E. Sondakh, K. Osman, and S. Zainudin, “A Pilot Study of an Instrument to Assess Undergraduates’ Computational thinking Proficiency,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 11, no. 11, 2020. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0111134>
- [53] E. Polat, S. Hopcan, S. Kucuk, and B. Sisman, “A comprehensive assessment of secondary school students’ computational thinking skills,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 52, no. 5, pp. 1965–1980, Sep. 2021. <https://doi.org/10.1111/biet.13092>
- [54] L. Sun, L. Hu, D. Zhou, and W. Yang, “Evaluation and developmental suggestions on undergraduates’ computational thinking: a theoretical framework guided by Marzano’s new taxonomy,” *Interact. Learn. Environ.*, vol. 31, no. 10, pp. 6588–6610, Mar. 2023. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2042311>
- [55] M. Junpho, A. Songsriwittaya, and P. Tep, “Reliability and Construct Validity of Computational Thinking Scale for Junior High School Students: Thai Adaptation,” *Int. J. Learn. Teach. Educ. Res.*, vol. 21, no. 9, pp. 154–173, Sep. 2022. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.9.9>
- [56] H. Nakahara *et al.*, “Development of the Japanese Version of the Computational Thinking Scales for First-Year University Students in Humanities,” *Japan J. Educ. Technol.*, vol. 46, no. 1, 2022. <https://doi.org/10.15077/ijet.45089>
- [57] L. Mujica De Statzewitch, “Evaluación del Desarrollo del Pensamiento Computacional en Estudiantes de Educación Primaria y Media General,” *Rev. Digit. del Dr. en Educ. la Univ. Cent. Venez.*, vol. 7, no. 13, pp. 35–56, Jan-Jun. 2021. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_arete/article/view/21327/144814487622
- [58] İ. Çetin, T. Otu, and A. Oktaç, “Adaption of the Computational Thinking Test into Turkish,” *Turkish J. Comput. Math. Educ.*, vol. 11, no. 2, May. 2020. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.643709>
- [59] C. Shiau-Wei, L. Chee-Kit, and B. Sumintono, “Assessing computational thinking abilities among Singapore secondary students: a Rasch model measurement analysis,” *J. Comput. Educ.*, vol. 8, no. 2, pp. 213–236, Jun. 2021. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00177-2>
- [60] A. Dolmaci, and N. E. Akhan, “The Development of Computational Thinking Skills Scale: Validity and Reliability Study,” *İnsan ve Toplum Bilim. Araştırmaları Derg.*, vol. 9, no. 3, pp. 1970–1991, Sep. 2020. <https://doi.org/10.15869/itobiad.698736>
- [61] B. Ertugrul-Akyol, “Development of Computational Thinking Scale: Validity and Reliability Study,” *Int. J. Educ. Methodol.*, vol. 5, no. 3, pp. 421–432, Aug. 2019. <https://doi.org/10.12973/ijem.5.3.421>
- [62] K. Bati, and M. İkbāl Yetişir, “Examination of Turkish Middle School STEM Teachers’ Knowledge about Computational Thinking and Views Regarding Information and Communications Technology,” *Comput. Sch.*, vol. 38, no. 1, pp. 57–73, Mar. 2021. <https://doi.org/10.1080/07380569.2021.1882206>
- [63] D. C. Boulden, A. Rachmatullah, K. M. Oliver, and E. Wiebe, “Measuring in-service teacher self-efficacy for teaching computational thinking: development and validation of the T-STEM CT,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 26, no. 4, pp. 4663–4689, Jul. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10487-2>
- [64] P. J. Rich, R. A. Larsen, and S. L. Mason, “Measuring teacher beliefs about coding and computational thinking,” *J. Res. Technol. Educ.*, vol. 53, no. 3, pp. 296–316, Jul. 2021. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1771232>
- [65] J. Sung, “Assessing young Korean children’s computational thinking: A validation study of two measurements,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 27, no. 9, pp. 12969–12997, Nov. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11137-x>
- [66] M. Zapata-Cáceres, “Enseñanza, evaluación y análisis de habilidades de pensamiento computacional en etapas tempranas,” Ph.D. dissertation, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España, 2022. [Online]. Available: <https://buricdigital.urjc.es/handle/10115/19965?show=full>
- [67] S. Grover, and R. D. Pea, ““Systems of Assessments” for Deeper Learning of Computational Thinking in K-12,” in *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Chicago, IL, USA, Apr. 15–20, 2015. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/275771253>
- [68] K. Siu-Cheung, and H. Abelson, Eds., *Computational Thinking Education*, 1st. ed. Gateway East, Singapore: Springer Singapore, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7>
- [69] M. del M. Sánchez Vera, “Computational Thinking in Educational Environments: An Approach from Educational Technology,” *Research in Education and Learning Innovation Archives*, no. 23, p. 24-39, Jul-Dec. 2019. <https://doi.org/10.7203/realia.23.15635>