



Learning with Robotics in Primary Education? A Means of Stimulating Computational Thinking

¿Aprender con robótica en Educación Primaria? Un medio de estimular el pensamiento computacional

Yen Air Caballero-González^a, Ana García-Valcárcel^b

^a Departamento de Didáctica, Organización y Métodos de Investigación, Grupo GITE-USAL. Universidad de Salamanca, Salamanca, España
<https://orcid.org/0000-0002-7493-6683> ycaballero@usal.es

^b Departamento de Didáctica, Organización y Métodos de Investigación, Grupo GITE-USAL. Universidad de Salamanca, Salamanca, España
<https://orcid.org/0000-0003-0463-0192> anagv@usal.es

ARTICLE INFO

Key words:

Computational thinking
 Primary education
 Learning
 Robotics
 Computer programming

ABSTRACT

Technology has transformed the social scenario by incorporating strategies, techniques and methods to obtain more significant educational processes. The main initiative promoted is the strengthening of skills and competencies in programming and computational thinking. This article evidences the effect of a training program on educational robotics on the acquisition of computational thinking and programming skills in young children. The research design is quasi-experimental, with pretest and post-test measures, with an experimental and control group. The sample of participants consists of 46 students of the first year of Primary Education, with age between 6 and 7 years, belonging to a Spanish educational centre. Computational thinking is measured through the dimensions: algorithmic thinking sequences, abstraction-patterns and debugging. The learning activities used in the intervention sessions were an adaptation of the training actions proposed in the robotics study program "TangibleK". The results obtained in this study reveal positive effects concerning the performance achieved by the participants in the activities carried out. This indicates a significant effect on the strengthening of skills linked to computational thinking. The differences found between the pretest and post-test measures of the experimental group are statistically significant and superior to those presented by the control group. In this way, it was concluded that the participants of the training program in robotics and programming obtain a more significant advance in the three dimensions of the computational competence explored.

RESUMEN

Palabras clave:

Pensamiento computacional
 Educación primaria
 Aprendizaje
 Robótica
 Programación informática

La tecnología ha transformado el escenario social incorporando estrategias, técnicas y métodos para obtener procesos educativos más significativos. Una de las principales iniciativas que se promueve es el fortalecimiento de habilidades y competencias sobre programación y pensamiento computacional. Este artículo evidencia el efecto de un programa formativo utilizando robótica educativa en la adquisición de habilidades de pensamiento computacional y programación en niños de corta edad. El diseño de la investigación es de tipo cuasi-experimental, con medidas pretest y postest, con grupo experimental y control. La muestra la integran 46 estudiantes del primer curso de Educación Primaria, con edades entre 6 y 7 años, pertenecientes a un centro educativo español. El pensamiento computacional se mide a través de las dimensiones: pensamiento algorítmico-secuencias, abstracción-patrones y depuración. Las actividades de aprendizaje utilizadas en las sesiones de intervención fueron una adaptación de las acciones formativas propuestas en el programa de estudio en robótica "TangibleK". Los resultados obtenidos muestran efectos positivos en relación con el desempeño alcanzado por los participantes en las actividades desarrolladas. Lo que manifiesta un efecto significativo en el fortalecimiento de habilidades vinculadas al pensamiento computacional. Las diferencias encontradas entre las medidas pretest y postest del grupo experimental son estadísticamente significativas y superiores a las que presenta el grupo control. De esta forma se concluye que los participantes del programa formativo en robótica y programación obtienen un mayor avance en las tres dimensiones de la competencia computacional explorada.

1. Introducción

Hoy la tecnología se encuentra inmersa en nuestra realidad, transformando la forma como nos comunicamos, trabajamos, nos divertimos y aprendemos. En este nuevo escenario social se incorporan estrategias, técnicas y métodos educativos enfocados a lograr procesos de enseñanza-aprendizaje más dinámicos, colaborativos y realistas (Berrocoso, Sánchez & Arroyo, 2015; Basogain-Olabe, Olabe-Basogain, & Olabe-Basogain, 2015). Una de estas estrategias consiste en desarrollar habilidades y competencias digitales orientadas a la programación y el pensamiento computacional, utilizando recursos como la Robótica Educativa (RE) (Goodgame, 2018; Karampinis, 2018). Las iniciativas propuestas están contribuyendo a despertar el interés por el aprendizaje y la aplicación práctica de conceptos relacionados con las disciplinas STEM, acrónimo de los términos en inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, término acuñado por la *National Science Foundation* (NSF) en los años 90 (Sanders, 2009; Bers, Seddighin & Sullivan, 2013).

Algunos estudios sostienen que el pensamiento computacional incluye conceptos, prácticas y perspectivas vinculadas a las ciencias de la computación (Brennan & Resnick, 2012). Uno de los primeros en defender la importancia que tiene el desarrollo de esta forma de pensamiento fue Seymour Papert. Posteriormente Wing (2006), manifestó que el Pensamiento Computacional (PC) está asociado al desarrollo y avances en materia de tecnología. Además, sostuvo que su aprendizaje debía incorporarse en la formación de todas las personas y no únicamente en las estrategias formativas para profesionales asociados a la industria tecnológica. En el 2008, esta investigadora realizó nuevas aportaciones indicando que el PC debía incluirse desde las primeras etapas de escolaridad (García-Peñalvo & Mendes, 2018).

Otros investigadores argumentan que la sociedad requiere la adopción de una nueva alfabetización, una que permita a los individuos afrontar sus retos particulares y cotidianos a través de la organización y utilización eficiente de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). El propósito que se persigue es que los ciudadanos abandonen el rol pasivo de consumidores tecnológicos y se conviertan en participantes activos e innovadores (Zapata-Ros, 2015).

Este estudio complementa un trabajo anterior sobre la formación de habilidades de programación informática y pensamiento computacional (construcción de secuencias, correspondencia acción-instrucción y depuración) en niños de Educación Infantil (3-6 años) (Caballero-González & García-Valcárcel, 2018). Sin embargo, pese a que en ambos estudios la orientación consiste en determinar los efectos positivos de la participación en un programa formativo para desarrollar habilidades sobre pensamiento computacional, en niños pequeños, en el presente estudio se incorpora el análisis de otras habilidades asociadas al pensamiento computacional, que no fueron exploradas en el primero. Concretamente, la característica abstracción-patrones. Por otro lado, la muestra poblacional de los estudiantes que participaron en el estudio corresponde al primer nivel de Educación Primaria, es decir, que poseen un rango de edad distinto en referencia al primer estudio.

Luego de la introducción este artículo está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta el marco teórico que proporciona soporte a la investigación. La sección 3 describe la metodología, el diseño, los materiales, procedimientos e instrumentos de evaluaciones utilizados en el estudio. Los resultados alcanzados se presentan en la sección 4. El documento finaliza con la sección V que incluye las reflexiones y conclusiones.

2. Marco Teórico

2.1. Pensamiento Computacional: conceptos y dimensiones

Si bien últimamente el término ha tomado un gran interés en el escenario internacional, hay que mencionar que sus inicios están vinculados a los trabajos efectuados por Seymour Papert en los años 60's (Bers, Flannery, Kazakoff, & Sullivan, 2014).

Las investigaciones de Papert, fundamentadas en el enfoque constructivista, dieron como resultado el nacimiento del lenguaje de programación LOGO (Papert, 1980; Bers, 2017). El enfoque constructivista de Papert representó una oportunidad de aprendizaje ya que permitía que los participantes fueran creadores activos de sus propios procesos cognitivos, mediante la resolución de problemas (Papadakis, Kalogiannakis & Zaranis, 2016; González-González, 2019).

Posteriormente, en 2006 Jeannette Wing, publicó un artículo en el cual definía que el "pensamiento computacional implicaba la resolución de problemas, el diseño de sistemas, y la comprensión de la conducta humana, haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática" (Wing, 2006, p. 33). Las repercusiones de estas

declaraciones aún se mantienen con gran vigencia, tanto en el plano académico como en la industria tecnológica. Más tarde Wing, robusteció su primera argumentación sobre el término, indicando que “el pensamiento computacional incluye los procesos de pensamiento implicados en la formulación de problemas y de sus soluciones...” (Wing, 2008, p. 3718).

En 2009 la Sociedad Internacional para la Tecnología en la Educación (ISTE) y la Asociación de Profesores de Ciencias de la Computación (CSTA) colaboraron con líderes de la educación superior, la industria y la educación K-12 para desarrollar una definición operativa del PC. El resultado fue el proyecto: *Leveraging Thought Leadership for Computational Thinking in PK-12* (Barr, Harrison, & Conery, 2011).

Las grandes firmas de la industria tecnológica también han realizado aportes significativos al desarrollo y consolidación del pensamiento computacional. Entre las principales iniciativas está code.org, patrocinada por firmas tecnológicas, entre estas se encuentran: Amazon, Apple, Facebook, Google, Microsoft, Dropbox y otras (Kalelioğlu, 2015; Zapata-Ros, 2015). La Hora del Código es otro proyecto que se ha implementado con gran éxito en diversos contextos y niveles educativos. El principal objetivo de la actividad es mostrar que todo el mundo, sin ser experto, puede aprender a programar (García-Peñalvo et al., 2016).

Por otro lado, algunos países han logrado incorporar formalmente la programación y el PC en sus planes de estudio, concretamente nos referimos a: Estonia, Suiza, Finlandia, EE. UU., Israel, Singapur y Reino Unido entre otros. En distintas comunidades autónomas de España se han logrado avances en este sentido (Caballero-González & García-Valcárcel, 2017).

Una contribución significativa al marco conceptual del pensamiento computacional, lo efectuaron los prestigiosos investigadores Karen Brennan (Universidad de Harvard) y Mitch Resnick (MIT). La propuesta se denominó *computational thinking framework*. El modelo planteado por estos investigadores se articula en base a tres dimensiones claves: los conceptos, las prácticas y las perspectivas (Figura 1). La propuesta de Brennan y Resnick dio como resultado el nacimiento de Scratch (Brennan & Resnick, 2012).



Figura 1. Diagrama sobre el marco teórico del Pensamiento Computacional.

Recientemente se han propuesto otros enfoques relacionados con el desarrollo y aprendizaje del pensamiento computacional, que proponen la utilización de retos o desafíos (Gonçalves et al., 2019) y se fortalecen otras competencias como las de interacción social (García-Valcárcel & Caballero-González, 2019). El proyecto *RoboSTEAM* trata este tema mediante la aplicación de un enfoque de aprendizaje basado en el desafío empleando la robótica y los dispositivos físicos (Conde et al., 2019). Otro aporte es el desarrollado por Bers (2018), quien presenta el PC como un proceso de resolución de problemas que posee un carácter expresivo permitiendo fortalecer en los participantes habilidades cognitivas, técnicas y sociales. También manifiesta que el PC representa un tipo de pensamiento analítico que posee una gran vinculación o similitud con el pensamiento matemático, el pensamiento de ingeniería y la investigación científica. Igualmente, considera siete ideas de gran importancia vinculadas a su desarrollo: algoritmos, modularidad, estructuras de control, representación, *hardware/software*, el proceso de diseño y el depurado (Sullivan, Bers, & Mihm, 2017).

En Europa se desarrolla la iniciativa *TACCLE 3 – Coding European Union Erasmus+ KA2 Programme Project* (García-Peñalvo, 2016). El proyecto es financiado por Erasmus+ y apoya principalmente a la escuela primaria y a otros profesores que deseen fomentar y desarrollar en estudiantes habilidades vinculadas a la informática, la programación y el pensamiento computacional.

2.2. Robótica y aprendizaje del pensamiento computacional

La robótica es uno de los recursos de tecnología educativa que actualmente se están utilizando para fomentar el desarrollo de actividades educativas que faciliten el aprendizaje del pensamiento computacional y las habilidades de programación (Caballero-González & García-Valcárcel, 2018). La Robótica Educativa (RE) permite el diseño, construcción y desarrollo de ambientes de aprendizaje a través de los cuales los estudiantes pueden adquirir nuevos conocimientos pasando de lo abstracto a lo tangible (Bers, Flannery, Kazakoff, & Sullivan, 2014). Además, favorece la estructuración de contextos de aprendizaje en los cuales el participante es el actor principal del proceso. Para Moreno et al. (2012), la integración de actividades de aprendizaje mediante RE es posible a través de varios enfoques, uno de estos es utilizarla como objeto principal de aprendizaje, un segundo enfoque es emplearla como medio de aprendizaje y la tercera orientación sería como apoyo al aprendizaje (Goodgame, 2018; Karampinis, 2018).

Una revisión de la literatura nos muestra la existencia de una limitación en la investigación y desarrollo de proyectos sobre educación robótica y pensamiento computacional en las primeras etapas de formación. La mayoría de los estudios están centrados en iniciativas y proyectos con estudiantes de enseñanza secundaria (bachillerato) y universitarios (Chalmers, 2018). Sin embargo, algunos investigadores manifiestan que los niños de hasta 4 años pueden construir y programar con gran éxito proyectos simples de robótica, mientras aprenden una variedad de conceptos y prácticas asociadas a la ingeniería y ciencias de la computación (Cejka et al. 2006; Sullivan et al. 2013; Sullivan & Bers, 2017; Chiara et al., 2017).

En relación con los primeros niveles educativos, Peinado (2004) sostiene que durante este periodo los estudiantes construyen nuevos aprendizajes basándose fundamentalmente en las experiencias y conceptos aprendidos a través de la interacción con su entorno cotidiano, es decir, su hogar y el aula de clases. Los aprendizajes se producen en el momento en el que los niños, utilizando la información capturada por sus sentidos, comparten ideas, prueban sus límites y obtienen una retroalimentación del entorno. Igualmente, estas acciones tienen un fuerte impacto en aspectos sociales como el trabajo en equipo, la colaboración, la creatividad, la imaginación y el autoconocimiento. Por consiguiente, al incorporar recursos tecnológicos, como los robots programables, se quiere despertar el interés, la curiosidad y paralelamente potenciar los aspectos lúdicos y de juego que caracterizan las estructuras educativas de estos primeros años de escolaridad (Resnick & Rosenbaum, 2013; Caballero-González & García-Valcárcel, 2017; Zapata-Ros, 2019).

Algunos estudios han informado de resultados positivos al implementar currículos y programas de estudio sobre robótica (Kazakoff, Sullivan & Bers, 2013; Lee, Sullivan, & Bers, 2013, Sullivan & Bers, 2016). Una de las propuestas que integra la exploración de conceptos de programación informática y pensamiento computacional mediante la robótica es el plan de estudios TangibleK, desarrollado por el *DevTech Research Group* (Bers, Flannery, Kazakoff, & Sullivan, 2014). El plan de estudios de este programa contempla específicamente el fortalecimiento del pensamiento computacional a través de habilidades tales como: representación de problemas; generalización e implementación de soluciones; exploración de múltiples soluciones; resolución de problemas en múltiples niveles y depuración. Igualmente, se fortalecen en los participantes actitudes productivas hacia el manejo del fracaso y el error (conceptos que se han empleado de forma equivocada en el camino hacia un desempeño exitoso de los desafíos propuestos).

El programa TangibleK incluye actividades diseñadas para impactar de forma significativa los resultados del aprendizaje y el desarrollo cognitivo, social y emocional de los niños. Para esto integra como marco de referencia las guías metodológicas propuestas por Bers en el Desarrollo Tecnológico Positivo (PTD) (Strawhacker & Bers, 2018). El PTD contempla características como el entorno de aprendizaje y las prácticas pedagógicas, culturales y los valores que intervienen en el proceso enseñanza-aprendizaje (Bers, 2012).

Tomando como base el marco teórico anterior se estructura un estudio que permitirá contribuir a robustecer el marco científico existente sobre el desarrollo y aprendizaje del pensamiento computacional en las primeras etapas de formación. En la investigación participaron estudiantes de educación Primaria, pertenecientes a un centro educativo ubicado en Salamanca, España.

3. Metodología

En los últimos años existe un incremento de proyectos y estudios sobre el desarrollo de habilidades vinculadas a la programación, el pensamiento computacional y conocimientos en las disciplinas STEM, desde una edad temprana (Bers, 2008; Bers, 2010; Chang et al., 2010). Sin embargo, este campo de investigación aún necesita el desarrollo de más estudios experimentales que contribuyan a fortalecer la base de conocimientos que existe

(García-Peñalvo, 2016; Öztürk & Calingasan, 2018). Con este propósito se estableció el objetivo, la hipótesis y las preguntas de investigación que se responderán con la realización del presente estudio.

3.1. Objetivo y preguntas de investigación

El objetivo principal de este estudio consistió en evaluar el desempeño de los estudiantes que participaron de un programa formativo para desarrollar habilidades de pensamiento computacional y programación mediante actividades con robótica educativa. En este sentido, se pretende valorar las posibilidades y contribuciones del programa de estudio en la promoción del pensamiento computacional de los participantes. La hipótesis de partida que se estableció para el estudio sostiene que “es posible promover el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional y programación, en estudiantes de Educación Primaria, mediante un proceso de enseñanza-aprendizaje basado en retos de programación con robótica educativa”.

Las preguntas de investigación que se establecieron en el estudio están orientadas a conocer el efecto que ocasiona, el desarrollo del programa formativo, en los estudiantes que participaron de las actividades de aprendizaje planificadas con retos de programación y robótica. Además, se pretende de forma concreta determinar el avance de los estudiantes en el dominio de las características: pensamiento algorítmico, abstracción-patrones y depuración. Las cuales constituyen parte de las habilidades de pensamiento computacional propuestas por los investigadores Brennan & Resnick (2012).

Las preguntas específicas que se estructuraron para el estudio son:

1. ¿Es posible que la integración de actividades de aprendizaje basadas en robótica y programación causen un efecto significativamente positivo en el desarrollo del pensamiento computacional en estudiantes de Educación Primaria?
2. ¿Fortalecen los participantes de un programa formativo en robótica su pensamiento algorítmico al desarrollar retos o desafíos sobre construcción de secuencias para ser ejecutadas por un robot educativo?
3. ¿Mejoran los participantes de un programa formativo en robótica la habilidad de abstracción y patrones afines al desarrollo del pensamiento computacional?
4. ¿Pueden los participantes de un programa formativo en robótica fortalecer su habilidad para depurar secuencias de acciones de programación, fortaleciendo esta habilidad vinculada al pensamiento computacional?

3.2. Diseño de investigación

Para el desarrollo del estudio se planteó un diseño de investigación cuasi-experimental (Campbell & Stanley, 1993) de dos grupos (Gexp. = Grupo experimental y Gcont. = Grupo control) como se aprecia en la Figura 2. La literatura sugiere que este tipo de estudio se debe utilizar cuando no es posible realizar la selección aleatoria de los sujetos que participaran en la investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Por este motivo, en el presente estudio se incluyeron “grupos intactos”, es decir, grupos ya constituidos. Las clases completas estaban formadas previamente y por criterios establecidos por el centro educativo, ajenos a la realización de la investigación. Por otro lado, es importante mencionar que se tomaron medidas de cada individuo que conforman los grupos experimental y control, tal y como se recomienda para el desarrollo de este tipo de estudios.

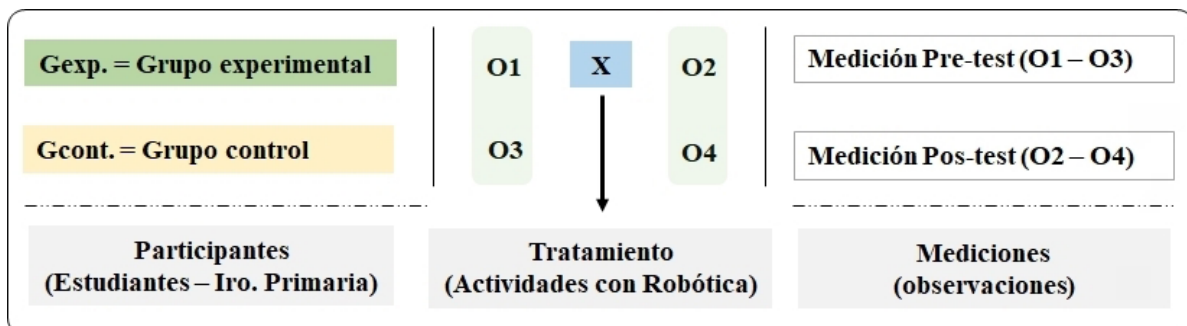


Figura 2. Diseño de investigación utilizado en el estudio.

3.3. Variables examinadas

En el diseño de investigación para el presente estudio se utilizaron dos tipos de variables: independientes y dependientes. Se consideró como variable independiente las actividades de aprendizaje que componen el programa de formación sobre robótica y programación. La teoría sustenta que este tipo de variable se manipula con el propósito de medir su efecto en la variable dependiente (Hernández & al., 2014: 238). Por otro lado, la variable dependiente que se estableció para la investigación corresponde a las habilidades de pensamiento computacional y programación desarrolladas en los estudiantes. En este sentido, se exploró el pensamiento computacional en función de tres dimensiones: pensamiento algorítmico (secuencias) abstracción-patrones y depuración (Tabla 1). Para esto se tomaron en consideración los aportes y propuestas sobre pensamiento computacional formuladas por Brennan and Resnick (2012) y Bers et al. (2014).

| Dimensión | Descripción |
|-------------------------------------|---|
| Pensamiento Algorítmico- Secuencias | Capacidad para estructurar una serie de pasos ordenados (secuencia) que resuelven un problema específico lo que en ciencias de la computación se conoce como Algoritmo |
| Abstracción y Patrones | Percibir los aspectos más importantes existentes en una narración que se les presenta. Esta dimensión permitirá fortalecer aspectos importantes vinculados a la resolución de problemas y el diseño algorítmico |
| Depuración | Verificar la eficiencia de los movimientos que integran una secuencia de pasos proporcionada. Se deberá buscar posibles errores y mejoras con el objetivo de lograr que el robot se comporte de la forma esperada. Estas acciones permitirán al participante realizar múltiples pruebas en busca de lograr una mejor propuesta para el desplazamiento del robot |

Tabla 1. Conceptos y prácticas sobre pensamiento computacional indagados mediante actividades de aprendizaje basados en robótica y programación.

3.4. Participantes

La muestra de participantes en el estudio estuvo compuesta por 46 estudiantes que integran dos clases del primer nivel de educación primaria en un centro concertado ubicado en Salamanca, España, durante el curso académico 2017-2018. A todos los participantes se les informó de los objetivos del estudio y se obtuvo el consentimiento de los padres, comunicándoles las actividades que se desarrollarían en la investigación. El rango de edad de los estudiantes que participaron de la actividad estuvo entre los 6 y 7 años (el 74% correspondía a una edad de 6 años y el 26% a 7 años). La distribución de los estudiantes en los grupos fue de 23 participantes en el grupo experimental y 23 para el grupo control. Además, la muestra estuvo equilibrada en lo referente al género. En cada uno de los grupos participaron 13 niñas y 10 niños; es decir, que un 54% de los sujetos de cada grupo eran niñas y el 44% fueron niños. Adicionalmente, en el estudio participaron dos profesores o tutores de cada una de las clases involucradas en la investigación.

3.5. Procedimiento

El estudio se estructuró en base a cinco fases, con una duración total de 30 horas (Figura 3). La primera fase representó la toma de contacto inicial donde se exploraron las características operativas del recurso de robótica. Esta fase corresponde a la sesión 1, en ella participaron los estudiantes de ambos grupos (experimental y control) así como los dos profesores responsables de cada clase. Para la segunda fase, sesión 2, se aplicó una prueba pretest que permitió medir la variable estudiada (pensamiento computacional) mediante actividades de robótica. Las dimensiones del pensamiento computacional que se evaluaron de forma individual en cada participante fueron: pensamiento algorítmico-secuencias, abstracción-patrones y depuración.

La tercera fase corresponde a las sesiones de formación (intervención) utilizando actividades de aprendizaje basadas en robótica y programación. La fase incluye un total de 6 sesiones, desde la sesión 3 hasta la 8. En la sesión 3 y 4 se trabajó la dimensión pensamiento algorítmico-secuencias. La dimensión abstracción-patrones del pensamiento computacional se exploró durante las actividades desarrolladas en las sesiones 5 y 6. Por último se trabajó las actividades correspondientes a la dimensión depuración en las sesiones 7 y 8. La estructura y organización de las actividades formativas se realizó de forma conjunta con los profesores responsables de cada una de las clases que participaron del estudio. Para esto se tomó en cuenta el objetivo propuesto para el estudio.

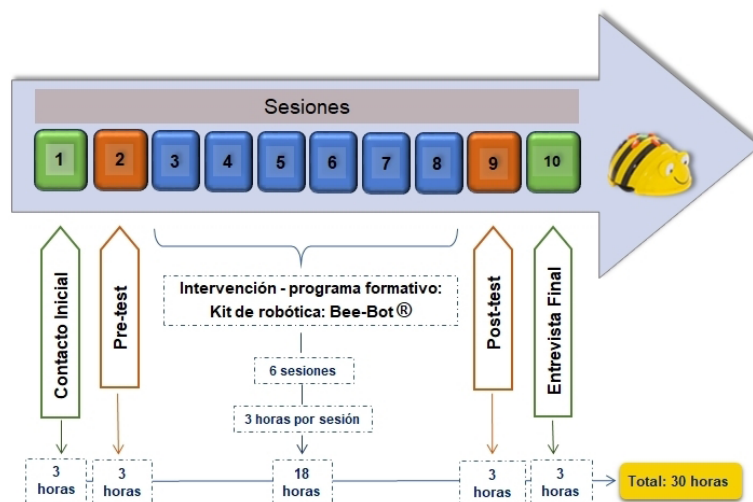


Figura 3. Estructura y distribución de sesiones del estudio.

Los profesores que participaron en la investigación colaboraron facilitando la integración del investigador y el desarrollo de las actividades de aprendizaje dentro del contexto regular de clases. Adicionalmente, con el propósito de lograr un proceso de evaluación adecuado, los profesores y el investigador consensuaron los criterios y los valores asignados a cada estudiante en los diferentes retos o desafíos propuestos. Cada sesión se desarrolló durante la jornada escolar regular, con un tiempo aproximado de 3 horas por jornada. Los estudiantes trabajaron colaborativamente en pequeños grupos de 3-4 integrantes. La cuarta fase del estudio se efectuó en la sesión 9 y consistió en el desarrollo de una prueba o evaluación de tipo postest. En esta participaron todos los integrantes de cada uno de los grupos (experimental y control). El propósito de esta evaluación fue determinar el efecto que tuvo el programa formativo en el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional, a través de las dimensiones del PC exploradas.

Las actividades estructuradas en las pruebas pre y postest se basaron en la resolución de problemas a través de retos o desafíos de programación, llamados Solve-It. Los desafíos Solve-It son un tipo de evaluación de conceptos computacional desarrollado por el Developmental Technologies Research Group (DevTech), dirigidos por la Profesora Marina Umaschi Bers, en el Departamento de Estudio del Niño y Desarrollo Humano del Eliot-Pearson, en la Universidad Tuft, Boston-Massachusetts, Estados Unidos. Este grupo implementó este tipo de retos en el programa de estudio sobre robótica llamado TangibleK.

Los retos "Solve-It" utilizados para el presente estudio incluyeron actividades que permitieron evaluar el desempeño de los estudiantes centrándose en las capacidades y habilidades de programación y pensamiento computacional como la secuenciación, la abstracción, los patrones y la depuración (Strawhacker et al. 2013; Sullivan & Bers, 2016).

La quinta y última fase de la investigación corresponde a la sesión 10, en esta se realizó una entrevista final a los estudiantes y profesores.

3.6. Materiales

Para el estudio se utilizó el kit de robótica de la compañía inglesa TTS, Bee-Bot®. Este recurso de robótica entra en la categoría de robot de piso y su forma característica es la de una abeja. Entre sus principales atributos están: sus dimensiones y peso que facilitan su manipulación por niños de primeros niveles escolares. Sus creadores recomiendan utilizarlo con estudiantes entre los 3 y 7 años. El robot posee en su parte externa, superior, botones para programar los movimientos o desplazamientos que se necesiten (avance, retroceso, giros hacia la izquierda o derecha). Internamente posee una memoria que le permite almacenar hasta 40 instrucciones. También posee un botón para ejecución de las instrucciones y otro para pausar la secuencia. Los desplazamientos recorren una distancia fija de 15 cm y los giros un ángulo de 90°. Una vez en movimiento el robot utiliza como alerta sonidos y luces intermitentes en sus ojos (Chiara et al., 2017).

Adicionalmente, se preparó una serie de tapetes o alfombrillas que representan el escenario sobre el cual el robot deberá efectuar sus desplazamientos (Figura 4). El diseño de cada tapete se organizó en función de los

objetivos del plan de formación y de las habilidades de pensamiento computacional que se trabajarían (Misirli & Komis, 2014). Igualmente se preparó una historia o narración vinculada al escenario diseñado (Di Lieto et al., 2017). En estas narraciones el protagonista fue el robot programable que se utilizaría como medio didáctico. Posteriormente los participantes tuvieron que organizar bloques de papel que representaban secuencialmente las acciones descritas en la narración. Es importante mencionar que los tapetes y la narración utilizada fortalecen el contexto lúdico de la experiencia. En este sentido, las actividades que se planearon utilizan un enfoque orientado al juego vinculado a los planteamientos metodológicos de Froebel (Resnick & Rosenbaum, 2013).

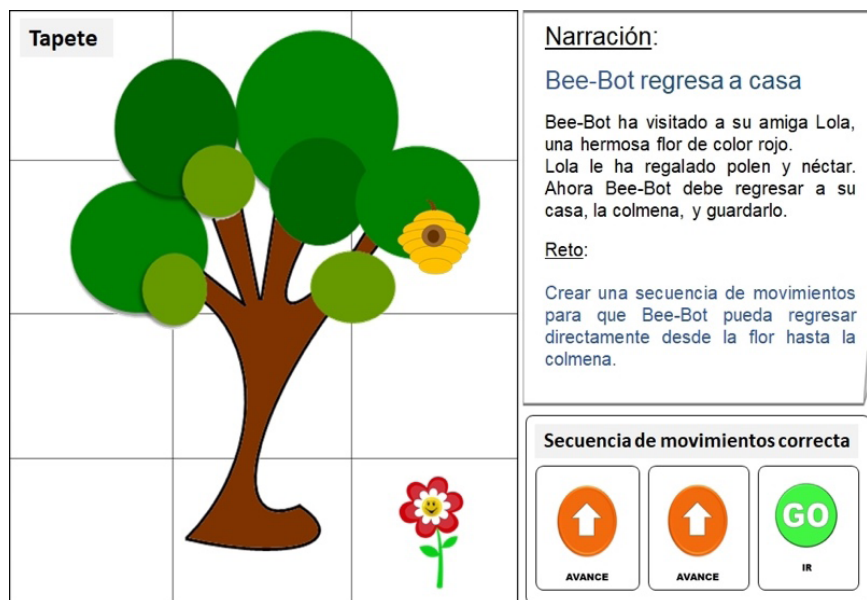


Figura 4. Ejemplo de Tapete, narración y cartas de movimientos para Bee-Bot®, utilizados en uno de los retos sobre pensamiento algorítmico-secuencias.

3.7. Instrumentos de evaluación

Para conocer el nivel de logro alcanzado por cada uno de los participantes en los diferentes retos propuestos, se utilizó como instrumento de medición una rúbrica. Para esto se realizó una adaptación de la rúbrica SSS utilizada en el programa de estudio en robótica, TangibleK (Bers, Flannery, Kazakoff, & Sullivan, 2014). La rúbrica fue aplicada conjuntamente por el investigador y los profesores que participaron en la investigación. Las valoraciones de cada actividad realizada fueron establecidas a través de un consenso de criterios entre los profesores y el investigador. Las dimensiones del pensamiento computacional observadas fueron evaluadas a través de un total de seis retos. Cada reto podía recibir una valoración entre 0 y 5 puntos, basándose en el nivel de autonomía mostrado por el participante en el diseño o construcción de una solución al desafío propuesto.

Los argumentos y valoraciones que se establecieron en la rúbrica permitían asignar 5 puntos, si el niño/a lograba completar el reto asignado sin ninguna intervención del investigador. Por otro lado, el logro era considerado como significativo, si el reto asignado era alcanzado con ayuda mínima del investigador, puntuándolo con un 4. El desarrollo del reto se consideraba medianamente satisfactorio, si el niño/a recibía ayuda periódica del investigador, pero no paso a paso. En este caso el valor asignado era 3 puntos. Cuando el niño/a recibía asistencia de forma detallada, es decir, paso a paso hasta llegar a presentar una solución al reto, se le asignaba un 2 como valoración. En el caso de que el niño/a iniciara el desafío o reto, pero no lo completase, se asignaba 1 punto y si el participante no intentara resolver el reto asignado, se valoraba su participación con 0 puntos. En esta investigación se estableció como nivel de logro objetivo el 4, que correspondía a superar el reto de forma satisfactoria, recibiendo en el proceso de construcción de una solución ayudas o intervenciones mínimas del investigador.

3.8. Análisis de datos

Para determinar si el desarrollo del programa formativo basado en actividades de robótica causa un efecto positivo en el aprendizaje y mejora de las habilidades de pensamiento computacional, se realiza un análisis de los resultados obtenidos en las evaluaciones pre y posttest para cada una de las dimensiones del pensamiento computacional exploradas en el estudio, es decir, pensamiento algorítmico-secuencias, abstracción-patrones y depuración

La información recogida se trató con técnicas de análisis cuantitativas, a través del programa SPSS 23. Inicialmente, se efectuó un estudio de la normalidad de los datos recolectados utilizando la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov. Se recomienda esta prueba cuando se trabaja con una muestra poblacional superior a 30 individuos, como es el caso del presente estudio. El valor crítico que se utilizó para las pruebas estadísticas fue un $\alpha < ,05$. Los resultados obtenidos permitieron determinar qué tipo de prueba estadística, paramétrica o no paramétrica, sería la más adecuada para efectuar un contraste de hipótesis estadísticas.

4. Resultados

En la Tabla 2 se observan los resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov para cada una de las dimensiones del pensamiento computacional y el valor total de la prueba, en ambos grupos (experimental y control). Los valores reflejan un p (Sig.) $> ,05$. Por lo cual se asume que el conjunto de datos evaluado sigue una distribución normal. Con estos resultados nos declinamos por utilizar pruebas de tipo paramétrico, específicamente la t de Student, para efectuar el contraste de medias en cada una de las variables exploradas.

| Pretest | Grupo Experimental | | | | | | Grupo Control | | | | | |
|-----------------|--------------------|----|------|----------------|----|------|---------------|----|------|----------------|----|------|
| | Kolm. Smirnov | | | Shapiro - Wilk | | | Kolm. Smirnov | | | Shapiro - Wilk | | |
| | Est. | gl | Sig. | Est. | gl | Sig. | Est. | gl | Sig. | Est. | gl | Sig. |
| Pre-Secuencias | ,174 | 23 | ,068 | ,919 | 23 | ,063 | ,169 | 23 | ,087 | ,937 | 23 | ,156 |
| Pre-Patrones | ,179 | 23 | ,054 | ,918 | 23 | ,059 | ,168 | 23 | ,092 | ,928 | 23 | ,101 |
| Pre-Depuración | ,178 | 23 | ,058 | ,917 | 23 | ,056 | ,167 | 23 | ,094 | ,922 | 23 | ,073 |
| Prueba completa | ,155 | 23 | ,162 | ,921 | 23 | ,071 | ,170 | 23 | ,084 | ,942 | 23 | ,200 |

Tabla 2. Test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk en el pretest para cada una de las dimensiones del pensamiento computacional y la prueba completa.

4.1. Estudio de la equivalencia de los grupos experimental y control en el pretest

Las características iniciales de los grupos experimental y control, pueden condicionar el nivel de efectividad atribuible al programa formativo desarrollado. Por consiguiente, se realizó un análisis para comprobar la existencia o no de uniformidad en ambos grupos, antes de efectuar la intervención formativa a través del programa de estudio basado en actividades con robótica.

Inicialmente, como se muestra en la Tabla 3 sobre estadísticos descriptivos en el pretest, presentamos un análisis para cada una de las dimensiones de la variable pensamiento computacional y el valor completo de la prueba para ambos grupos, experimental y control. Esto se tomó como paso previo a la evaluación del contraste de hipótesis para determinar la homogeneidad de la muestra. En estos primeros datos se observa que no existen grandes diferencias entre los valores obtenidos para las medias en ambos grupos, experimental y control.

| Variable | Grupo | N | Media | Desviación estándar | Media de error estándar |
|-----------------|--------------|----|-------|---------------------|-------------------------|
| Pre_Secuencias | Experimental | 23 | 6,35 | 1,434 | ,299 |
| | Control | 23 | 6,04 | 1,364 | ,285 |
| Pre_Patrones | Experimental | 23 | 6,13 | 1,180 | ,246 |
| | Control | 23 | 6,00 | 1,314 | ,274 |
| Pre_Depuración | Experimental | 23 | 6,35 | 1,301 | ,271 |
| | Control | 23 | 5,91 | 1,203 | ,251 |
| Prueba Completa | Experimental | 23 | 18,83 | 3,651 | ,761 |
| | Control | 23 | 17,96 | 3,855 | ,804 |

Tabla 3. Estadísticos descriptivos en el pretest para grupo experimental y control.

La evaluación de igualdad de varianzas existente en la muestra se realizó a través de la prueba de Levene (Tabla 4). En esta prueba, se asumen que las varianzas son iguales si el valor de p (Sig.) es $> ,05$ y caso contrario se asumen que las varianzas no son iguales. En este sentido, en la prueba de Levene para las variables correspondientes a las dimensiones de pensamiento computacional y el valor completo de la prueba se obtuvo un valor de p (Sig.) superior a $,05$ por lo tanto se puede asumir la existencia de varianzas iguales en los datos correspondientes al Pretest en ambos grupos. Igualmente, en los resultados que presenta la prueba t para la igualdad de medias se observa una significación bilateral (Sig.) con valores mayores a $,05$ para cada una de las dimensiones del pensamiento computacional y la prueba completa. Con estos resultados podemos establecer que no existen diferencias significativas entre los grupos, es decir, los grupos son equivalentes en su situación de partida.

| Dimensiones | Prueba de Levene | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
|-----------------|------------------|------|-------------------------------------|----|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Pre_Secuencia | ,119 | ,731 | ,737 | 44 | ,465 | ,304 | ,413 | -,527 | 1,136 |
| Pre_Patrones | ,227 | ,636 | ,354 | 44 | ,725 | ,130 | ,368 | -,612 | ,873 |
| Pre_Depuración | ,015 | ,904 | 1,177 | 44 | ,246 | ,435 | ,369 | -,310 | 1,179 |
| Prueba Completa | ,066 | ,798 | ,785 | 44 | ,436 | ,870 | 1,107 | -1,362 | 3,101 |

Tabla 4. Prueba t de Student para la variable pensamiento computacional en cada dimensión y en la prueba completa en el pretest.

4.2. Análisis de resultados del posttest

Después de realizar las sesiones de intervención se procedió a efectuar la valoración del nivel de desempeño o logro alcanzado por los integrantes de los grupos experimental y control para cada una de las dimensiones de la variable pensamiento computacional (pensamiento algorítmico-secuencias, abstracción-patrones y depura-

ción) así como en el valor total de la prueba. Para medir la variable pensamiento computacional se utilizó, la misma prueba aplicada en la evaluación pretest. La prueba estuvo compuesta por retos o desafíos de programación, llamados Solve-It. Los estadísticos descriptivos generados a partir del conjunto de datos del postest se presentan en la Tabla 5.

| Variable | Grupo | N | Media | Desviación estándar | Media de error estándar |
|-----------------|--------------|----|-------|---------------------|-------------------------|
| Post_Secuencia | Experimental | 23 | 7,65 | 1,465 | ,305 |
| | Control | 23 | 6,61 | 1,530 | ,319 |
| Post_Patrones | Experimental | 23 | 8,04 | 1,461 | ,305 |
| | Control | 23 | 6,74 | 1,602 | ,334 |
| Post_Depuración | Experimental | 23 | 7,04 | 1,364 | ,285 |
| | Control | 23 | 6,00 | 1,314 | ,274 |
| Prueba Completa | Experimental | 23 | 22,74 | 3,493 | ,728 |
| | Control | 23 | 19,35 | 3,950 | ,824 |

Tabla 5. Estadísticos descriptivos en el postest para el grupo experimental y control.

Los resultados permiten apreciar una valoración superior en los valores de las medias obtenidas por los participantes del grupo experimental. En todos los casos los valores calculados para este grupo son más altas que las del grupo control.

La prueba de Levene muestra una significación asintótica (Sig.) superior a ,05, lo que indica varianzas iguales. Posteriormente se aplicó la prueba t de Student sobre los datos recolectados en el postest para ambos grupos, experimental y control (Tabla 6). Los resultados ponen de manifiesto la existencia de diferencias significativas en los valores calculados para cada una de las dimensiones de la variable explorada y en la prueba completa. En todos los casos la significación asintótica (Sig.) presenta valores inferiores al valor de referencia, es decir, una $p < ,05$.

Por otro lado, el tamaño del efecto aporta un gran valor cuando se efectúan análisis en muestras de tamaño pequeño. La d de Cohen, nos permite examinar el tamaño del efecto en muestras independientes, para pruebas de tipo paramétrico. Esta prueba presenta una clasificación de valores de acuerdo con la escala: pequeño cuando se trata de una $d = ,20$; moderado $d = ,50$ y grande para una $d = ,80$ (Cohen, 1988).

Para la estimación del tamaño del efecto se tomó en consideración el valor de la prueba completa y cada una de las dimensiones de la variable pensamiento computacional. Los cálculos obtenidos muestran un efecto alto para la dimensión Patrones (Pos_Patrones) y para el valor de la Prueba Completa. Mientras que para las dimensiones Secuencias (Pos_Secuencias) y Depuración (Pos_Depuración) el valor calculado para el efecto es moderado (Tabla 6).

| Dimensiones | Prueba de Levene | | Prueba t para la igualdad de medias | | | d Cohen |
|-----------------|------------------|------|-------------------------------------|----|------------------|---------|
| | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | |
| Pos_Secuencias | ,212 | ,647 | 2,363 | 44 | ,023 | 0,70 |
| Pos_Patrones | ,282 | ,598 | 2,886 | 44 | ,006 | 0,85 |
| Pos_Depuración | 0,54 | ,817 | 2,642 | 44 | ,011 | 0,78 |
| Prueba Completa | 1,001 | ,323 | 3,085 | 44 | ,004 | 0,91 |

Tabla 6. Prueba t de Student en el Postest y tamaño del efecto para la variable pensamiento computacional en cada dimensión y en la prueba completa.

Los resultados expuestos vienen a reafirmar la diferencia de valores existente en los datos correspondientes al desempeño conseguido por los participantes en función del grupo al que han sido asignados, siendo significativamente mayor en el grupo experimental ya que este fue el que recibió la intervención a través del programa de estudio en robótica y programación.

5. Discusión y Conclusiones

En los resultados obtenidos a través de los cálculos y pruebas estadísticas aplicadas a los datos recolectados se evidencian diferencias estadísticas favorables a los participantes que fueron expuestos al programa de formación, grupo experimental. Estos resultados coinciden con otras investigaciones que argumentan los beneficios que trae en el aprendizaje de habilidades y competencias asociadas al pensamiento computacional y la programación, la aplicación de la robótica educativa en las primeras etapas escolares (Misirli & Komis, 2014; Papadakis, Kalogiannakis, & Zaranis, 2016; Strawhacker, Lee, & Bers, 2018; Thornton et al., 2018; Villena-Taranilla et al., 2018).

La construcción de pequeñas secuencias de movimientos para que el robot Bee-Bot® las ejecute contribuyó a fortalecer en los estudiantes procesos mentales relacionados al pensamiento crítico y la orientación espacial. Además, al participar de los retos Solve-It los estudiantes mejoraron su capacidad de abstracción, ya que debían escuchar una pequeña historia y luego inferir una respuesta válida mediante los movimientos adecuados que coincidían con lo expuesto en la narración (Strawhacker, Sullivan, & Bers, 2013). Para presentar una solución debían tomar sólo los argumentos más significativos de la narración, depreciando hechos con poca relevancia para la respuesta (Angel-Fernandez & Vincze, 2018). Igualmente, a los participantes se les expuso a secuencias de movimientos propuestas, empleando cartas con imágenes representativas de los botones de acción del robot. El participante visualizó posibles errores y realizó adaptaciones conforme a su criterio.

Por otro lado, los valores que representan el desempeño alcanzado por los participantes que no fueron expuestos al programa formativo, grupo control; también muestran un ligero crecimiento en la prueba posttest. Esta mejora se puede atribuir a varios factores como: el efecto de maduración normal de los estudiantes, la exposición que se produjo cuando se efectuó los retos de la prueba pretest y al efecto que produce en los participantes el desarrollo regular del contenido curricular propio del nivel educativo. Durante la realización del experimento ambos grupos continúan con el desarrollo regular del currículo académico propio del nivel educativo, con lo cual existen temáticas del contenido curricular vinculadas a las áreas exploradas.

La realización de este estudio contribuye a robustecer el conocimiento científico que argumenta la posibilidad de lograr un desarrollo satisfactorio de habilidades vinculadas al pensamiento computacional en estudiantes de primeros niveles educativos. En este sentido la investigación se basó en una muestra de estudiantes de primero de Educación Primaria, cuya edad oscilaba entre los 6 y 7 años. Con lo cual se ha comprobado la hipótesis de partida donde se manifestaba que era posible promover el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en estudiantes de los primeros cursos de educación.

Sin embargo, la realización de esta investigación presentó algunas limitaciones: una de ellas se relaciona con el tamaño de la muestra. Esta pudo ser más amplia si se hubiera contado con el apoyo de más centros educativos. Otro factor para considerar en futuros estudios sería el tiempo empleado en las jornadas formativas. Por otro lado, sería importante la realización de este tipo de estudios en otros centros educativos ubicados en contextos geográficos y realidades sociales distintas a las encontradas en la presente investigación. Esto sería importante para lograr un impacto de generalización mayor. Por consiguiente, los resultados expuestos en esta comunicación representan una contribución al desarrollo y fortalecimiento de esta corriente educativa-tecnológica que cada día está tomando mayor peso en el escenario internacional.

Apoyos

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) e Instituto para la Formación y Aprovechamiento de los Recursos Humanos (IFARHU) de la República de Panamá. Agradecemos al personal directivo, profesores y estudiantes del primer nivel de Educación Primaria, Colegio Maestro Ávila, Salamanca (España).

Referencias

- Angel-Fernandez, J. M., & Vincze, M. (2018). Introducing storytelling to educational robotic activities. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, 2018–April, 608–615. doi:<https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363286>
- Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational Thinking: A digital age skill for everyone. *Learning and Leading with Technology*, 38(6), 20-23.
- Basogain-Olabe, X., Olabe-Basogain, M. Á., & Olabe-Basogain, J. C. (2015). Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma de Aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46(6), 1–33. doi:<https://doi.org/10.6018/red/46/6>
- Berrocoso, J., Sánchez, M., & Arroyo, M. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *Red*, 46, 1-18. doi:<https://doi.org/10.6018/red/46/3>
- Bers, M. U. (2008). *Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood classroom*. New York, NY: Teachers College Press
- Bers, M. U., & Horn, M. S. (2010). Tangible programming in early childhood. *High-tech tots: Childhood in a digital world*, 49, 49-70.
- Bers, M. U. (2012). *Designing Digital Experiences for Positive Youth Development: From Playpen to Playground*. Cary, NC: Oxford. doi:<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199757022.001.0001>
- Bers, M. U. (2017). The Seymour test: Powerful ideas in early childhood education. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 14, 10–14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.06.004>
- Bers, M. U. (2018). Coding, playgrounds and literacy in early childhood education: The development of KIBO robotics and ScratchJr. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON- 2018*, (pp. 2094–2102). doi:<https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363498>
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers and Education*, 72, 145–157. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Bers, M. U., Seddighin, S., & Sullivan, A. (2013). Ready for robotics: Bringing together the T and E of STEM in early childhood teacher education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 21(3), 355-377.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA)* (pp. 1-25), Vancouver, Canada.
- Caballero-González, Y. A., & García-Valcárcel, A. (2017). Development of computational thinking skills and collaborative learning in initial education students through educational activities supported by ICT resources and programmable educational robots. In F.J. García-Peñalvo (Ed.), *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (article 103). New York: ACM. doi:<https://doi.org/10.1145/3144826.3145450>
- Caballero-González, Y. A., & García-Valcárcel, A. (2018). A robotics-based approach to foster programming skills and computational thinking: Pilot experience in the classroom of early childhood education. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 41-45). ACM. doi:<https://doi.org/10.1145/3284179.3284188>
- Campbell, D., & Stanley, J. (1993). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Cejka, E., Rogers, C., & Portsmore, M. (2006). Kindergarten robotics: using robotics to motivate math, science, and engineering literacy in elementary school. *International Journal of Engineering Education*, 22(4), 711–722.
- Chalmers, C. (2018). International Journal of Child-Computer Interaction Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93–100. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>
- Chang, C. W., Lee, J. H., Chao, P. Y., Wang, C. Y., & Chen, G. D. (2010). Exploring the possibility of using humanoid robots as instructional tools for teaching a second language in primary school. *Educational Technology & Society*, 13(2), 13–24.
- Chiara, M., Lieto, D., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., ... Dario, P. (2017). Computers in Human Behavior Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children : A pilot study. *Computers in Human Behavior*, 71, 16–23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.018>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd. Ed. New York: Academic Press.
- Conde, M. Á., Fernández-Llamas, C., Ribeiro Alves, J. F., Ramos, M. J., Celis Tena, S., Gonçalves, J., ... García-Peñalvo, F. J. (2019). RoboSTEAM - A Challenge Based Learning Approach for integrating STEAM and develop Compu-

- tational Thinking. In M. Á. Conde-González, F. J. Rodríguez-Sedano, C. Fernández-Llamas, & F. J. García-Peñalvo (Eds.), *TEEM'19 Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (Leon, Spain, October 16th-18th, 2019) (pp. 24-30). New York, NY, USA: ACM. doi:<https://doi.org/10.1145/3362789.3362893>
- Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell'Omo, M., ... & Dario, P. (2017). Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children: A pilot study. *Computers in human behavior*, 71, 16-23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.018>
- García-Peñalvo, F. J. (2016). A brief introduction to TACCLE 3 – Coding European Project. In F. J. García-Peñalvo & J. A. Mendes (Eds.), 2016 *International Symposium on Computers in Education (SIIE 16)*. USA: IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/SIIE.2016.7751876>
- García-Peñalvo, F. J., & Mendes, A. J. (2018). Exploring the computational thinking effects in pre-university education. *Computers in Human Behavior*, 80, 407–411. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.005>
- García-Peñalvo, F.J., Rees, A.M., Hughes, J., Jormanainen, I., Toivonen, T., & Vermeersch, J. (2016). A survey of resources for introducing coding into schools. *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'16)* (pp.19-26). New York: ACM. doi:<https://doi.org/10.1145/3012430.3012491>
- García-Valcárcel, A., & Caballero-González, Y. A. (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>
- Gonçalves, J., Lima, J., Brito, T., Brancalião, L., Camargo, C., Oliveira, V., & Conde, M. Á. (2019, October). Educational Robotics Summer Camp at IPB: A Challenge based learning case study. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 36-43). New York: ACM. doi:<https://doi.org/10.1145/3362789.3362910>
- González-González, C. S. (2019). State of the art in the teaching of computational thinking and programming in childhood education. *Education in the Knowledge Society*, 20, 17. doi:https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a17
- Goodgame, C. (2018). Beebots and Tiny Tots. In E. Langran, & J. Borup (Eds.). *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 1179-1183). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Education.
- Jung, S. E., & Won, E. S. (2018). Systematic review of research trends in robotics education for young children. *Sustainability*, 10(4), 905. doi:<https://doi.org/10.3390/su10040905>
- Kalelioğlu, F. (2015). A new way of teaching programming skills to K-12 students: Code.org. *Computers in Human Behavior*, 52, 200-210. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.047>
- Karampinis, T. (2018). Robotics-based learning interventions and experiences from our implementations in the RobESL framework. *International Journal of Smart Education and Urban Society*, 9(1), 13-24. doi:<https://doi.org/10.4018/IJSEUS.2018010102>
- Kazakoff, E. R., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2013). The Effect of a Classroom-Based Intensive Robotics and Programming Workshop on Sequencing Ability in Early Childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41, 245–255. doi:<https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>
- Lee, K. T. H., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2013). Collaboration by Design: Using Robotics to Foster Social Interaction in Kindergarten. *Computers in the Schools*, 30(3), 271–281. doi:<https://doi.org/10.1080/07380569.2013.805676>
- Misirli, A., & Komis, V. (2014). Robotics and Programming Concepts in Early Childhood Education: A Conceptual Framework for Designing Educational Scenarios. *Research on E-Learning and ICT in Education*, (pp. 99-118). New York, NY: Springer. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6501-0_8
- Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., Pittí Patiño, K., & Quiel, J. (2012). La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías. *Education in the Knowledge Society*. 13(2), 74-90
- Öztürk, H. T., & Calingasan, L. (2018). Robotics in early childhood education: A case study for the best practices. In H. Ozcinar, G. Wong, & H. Ozturk (Eds.). *Teaching computational thinking in primary education* (pp. 182–200). Hershey, PA: IGI Global. doi:<https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3200-2.ch010>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2016). Developing fundamental programming concepts and computational thinking with ScratchJr in preschool education: a case study. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 10(3), 187. doi:<https://doi.org/10.1504/ijmlo.2016.077867>

- Papert, S. (1980). *Mindstorms. Children, computers and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Peinado, J. M. (2004). *Enseñanza-aprendizaje en estrategias metacognitivas en niños de educación infantil*. Universidad de Burgos.
- Resnick, M., & Rosenbaum, E. (2013). Designing for tinkability. In M. Honey & D.E. Kanter (Eds.), *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators* (pp.163-181). New York: Routledge.
- Sanders, M (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Strawhacker, A., & Bers, M. U. (2018). Promoting Positive Technological Development in a Kindergarten Makerspace: A Qualitative Case Study. *European Journal of STEM Education*, 3(3), 09. doi: <https://doi.org/10.20897/ejsteme/3869>
- Strawhacker, A., Lee, M., & Bers, M. U. (2018). Teaching tools, teachers' rules: exploring the impact of teaching styles on young children's programming knowledge in ScratchJr. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(2), 347-376. doi:<https://doi.org/10.1007/s10798-017-9400-9>
- Strawhacker, A., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2013). TUI, GUI, HUI: Is a bimodal interface truly worth the sum of its parts? *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children*, (pp. 309-312). doi:<https://doi.org/10.1145/2485760.2485825>
- Sullivan, A., & Bers, M. U. (2016). Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 3-20. doi:<https://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- Sullivan, A., Bers, M. U., & Mihm, C. (2017). Imagining, Playing, and Coding with KIBO: Using Robotics to Foster Computational Thinking in Young Children. *Conference Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2017*, pp.110-115.
- Sullivan, A., Kazakoff, E. R., & Bers, M. U. (2013). The Wheels on the Bot go Round and Round: Robotics Curriculum in Pre-Kindergarten. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 12, 203-219.
- Thornton, R., Powell, Z., Marinus, E., Crain, S., & McArthur, G. (2018). Unravelling the Cognition of Coding in 3-to-6-year Olds: The development of an assessment tool and the relation between coding ability and cognitive compiling of syntax in natural language. In *Proceedings of ACM International Computing Education Research (ICER) conference*, Espoo, Finland, August 2018. New York, NY, USA: ACM. doi:<https://doi.org/10.1145/3230977.3230984>
- Villena-Taranilla, R., Cózar-Gutiérrez, R., Miguel Merino-Armero, J., & Antonio González-Calero, J. (2018). Computational Thinking Initiation. An experience with robots in Primary Education. *Journal of Research in Science Mathematics and Technology Education*, 1(2), 181-206 doi:<https://doi.org/10.31756/jrsmt.124>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. doi:<https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725. doi:<https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *RED*, 46, 1-47. doi:<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3395.8883>
- Zapata-Ros, M. (2019). Computational Thinking Unplugged. *Education in the Knowledge Society*, 20, 18. doi:https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18