



Recibido: 2018-06-10
Revisado: 2018-09-02
Aceptado: 2018-11-28



Código RECYT: 66022
Preprint: 2019-02-15
Publicación Final: 2019-04-01

DOI: <https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>

Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en Educación Infantil

Robotics to develop computational thinking in early Childhood Education

Dra. Ana García-Valcárcel Muñoz-Repiso

Catedrática del Departamento de Didáctica, Organización
y Métodos de Investigación de la Universidad de Salamanca (España)
(anagv@usal.es) (<https://orcid.org/0000-0003-0463-0192>)

Yen-Air Caballero-González

Profesor Colaborador del Grupo de Investigación GITCE de la Universidad Tecnológica
de Panamá e Investigador Doctoral de la Universidad de Salamanca
(ycaballero@usal.es) (<https://orcid.org/0000-0002-7493-6683>)

Resumen

Actualmente se promueve el desarrollo de habilidades de programación desde una edad escolar temprana, tratando de que los niños adquieran un rol activo y creativo en el uso de las tecnologías. El objetivo de este trabajo es comprobar la repercusión del desarrollo de actividades de robótica educativa en la adquisición de habilidades de pensamiento computacional y programación en escolares de educación infantil. El diseño de la investigación es de tipo cuasi-experimental, con medidas pretest y posttest, utilizando grupo experimental y control. La muestra la conforman 131 estudiantes del segundo ciclo de educación infantil (entre 3 y 6 años de edad) de un centro educativo español. El pensamiento computacional se mide a través de tres dimensiones: secuencias (algoritmos), correspondencia acción-instrucción y depuración. Las sesiones de intervención, así como la estructura de los retos que se utilizaron en las evaluaciones pre y posttest fueron diseñadas tomando como base el programa de estudios en robótica denominado «TangibleK». La intervención, centrada en actividades de aprendizaje mediante recursos de robótica educativa, presenta resultados positivos en relación a las habilidades de pensamiento computacional logradas. Las diferencias encontradas entre el pre y posttest en el grupo experimental son estadísticamente significativas y superiores a las presentadas en el grupo control, de modo que se concluye que los niños que realizan el programa de robótica consiguen un mayor avance en las tres dimensiones de la competencia computacional.

Abstract

The development of programming skills is currently promoting from an early school age, trying to get children to take an active and creative role in the use of technologies. The objective of this article is to verify the repercussion of educational robotics activities on kindergarten students in the acquisition of computational thinking and programming skills. The research design is quasi-experimental, with pre-test and post-test measures, using experimental and control groups. The sample consists of 131 students from the second cycle of early education (between 3 and 6 years old), all from the same Spanish school. Computational thinking is measured through three dimensions: sequences (algorithms), action-instruction correspondence and debugging. The intervention sessions, as well as the structure of the challenges that were used in the



pre- and post-test evaluations, were designed based on the reference program of robotics studies called “TangibleK”. The intervention, carried out doing learning activities using educational robotics resources, presents positive results in relation to the computational thinking skills achieved. The differences between the pre-test and the post-test in the experimental and control groups are statistically significant, in that children engaged in robotics program achieves a greater advance in the three dimensions of computational competence through this method.

Palabras clave / Keywords

Educación infantil, robótica, pensamiento computacional, innovación pedagógica, desarrollo de habilidades, pensamiento creativo, aprendizaje activo, análisis cuantitativo.

Childhood education, robotics, computational thinking, educational innovations, skills development, creative thinking, active learning, quantitative analysis.

1. Introducción y estado de la cuestión

El escenario digital actual exige el desarrollo de estrategias que modernicen los procesos de aprendizaje, incluyendo iniciativas para la adquisición de competencias digitales que permitan a todos los ciudadanos desenvolverse en una sociedad altamente tecnificada. En este contexto tiene cada vez más presencia una corriente que promueve el desarrollo de habilidades de programación desde una edad escolar temprana para lograr que las personas adquieran un rol activo y creativo en el uso de las tecnologías, mediante el dominio de nuevas habilidades cognitivas y prácticas como la código-alfabetización.

1.1. Robótica con propósitos educativos

Actualmente, se incorpora la robótica como un recurso educativo altamente valioso en el desarrollo de competencias técnicas y sociales. La Robótica Educativa (RE) encuentra sus principales susten- tos en las teorías de aprendizaje constructivistas y construccionistas (Bravo & Forero, 2012; Schwabe, 2013). De acuerdo con Papert, el conocimiento se logra en la medida en que el individuo interactúa con el objeto de estudio (Bers, Flannery, Kazakoff, & Sullivan, 2014); en este sentido, la RE permite lograr este nivel de interacción. Mediante la realización de actividades de aprendizaje basadas en el diseño y construcción de prototipos, los estudiantes logran desarrollar conocimientos significativos, pasando de lo abstracto a lo tangible (Pittí, Curto-Diego, & Moreno-Rodilla, 2010).

La robótica educativa se puede integrar en el proceso enseñanza-aprendizaje mediante diversos enfoques prácticos, uno de éstos es su adopción como objeto principal de aprendizaje (Goodgame, 2018; Karampinis, 2018), un segundo enfoque sería como medio de aprendizaje (Koning, Faber, & Wierdsma, 2017; Kucuk & Sisman, 2017) y, el tercero, consistiría en utilizarla como apoyo al desarrollo de aprendizajes (Moro, Agatolio, & Menegatti, 2018). En los primeros dos enfoques la orientación va dirigida a la construcción y programación de robots, empleando piezas de engranajes, sensores, actuadores y codificando instrucciones de acuerdo a la sintaxis propia de un lenguaje de programación.

Actualmente las principales iniciativas educativas con robótica, se ubican en estos dos enfoques, mediante el desarrollo de actividades de formación a través de cursos y talleres (Buss & Gamboa, 2017; Ozcinar, Wong, & Ozturk, 2017); un ejemplo es la First Lego League que supone un desafío internacional que despierta el interés por la ciencia y la tecnología.

En el tercer enfoque, los robots se emplean dentro de la clase, como un recurso didáctico (Bruni & Nisdeo, 2017; Serholt 2018). De esta manera, se puede facilitar el aprendizaje por indagación, donde la ocurrencia de errores es tomada como una oportunidad de aprendizaje. En esta línea de



acciones, encontramos iniciativas en Inglaterra para trabajar el desarrollo de habilidades de programación y pensamiento computacional desde una perspectiva curricular formal, incorporando la asignatura «Computing».

1.2. Pensamiento computacional

Las nuevas teorías sobre código-alfabetización (Zapata-Ros, 2015) que permiten a los individuos comunicarse con dispositivos a través de instrucciones en lenguajes informáticos, desencadenan un gran interés por los procesos de pensamiento computacional (Liu, Perera, & Klein, 2017). Jeannette Wing utilizó este término por primera vez en el año 2006, argumentando que este tipo de pensamiento «implica resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, basándose en los conceptos fundamentales de la informática» (Wing, 2006: 33). Posteriormente, fue considerada como una competencia básica que todo ciudadano tendría que adquirir para desenvolverse en la sociedad digital. Además, sostuvo que el pensamiento computacional no es rutinario ni mecánico, sino una forma de resolver problemas de manera inteligente e imaginativa (Wing, 2008).

En 2009 la National Science Foundation costó el proyecto: Leveraging Thought Leadership for Computational Thinking in PK-12. Este fue un desarrollo conjunto entre la Asociación de Profesores de Ciencias de la Computación y la Sociedad Internacional de Tecnología en Educación. El propósito de esta iniciativa era lograr que los conceptos de pensamiento computacional fueran accesibles a los educadores, proporcionando una definición operativa, un vocabulario compartido y ejemplos significativos adecuados a la edad de los estudiantes. En el proyecto se vinculaban los objetivos educativos y las prácticas de aula (Barr, Harrison, & Conery, 2011).

En Europa encontramos proyectos encaminados en este mismo sentido; uno es Erasmus+ KA2 “TACCLE3 – Coding. Los contenidos presentados a través del sitio web del proyecto (<http://taccle3.eu>), son un referente de prácticas y experiencias educativas de éxito en el proceso de incorporación y fomento de estas competencias (García-Peñalvo & al., 2016). Un aporte significativo al marco conceptual sobre el pensamiento computacional lo han realizado los investigadores Karen Brennan (Universidad de Harvard) y Mitch Resnick (MIT) formulando un modelo alternativo sobre este estilo de pensamiento. Este lo plantearon dentro del proyecto de investigación que dio como resultado la creación de Scratch, una plataforma visual de programación ‘por bloques’ que permite a los niños y jóvenes realizar sus propias historias interactivas, con animación, simulaciones y un ambiente lúdico. El modelo sobre pensamiento computacional que formularon Brennan y Resnick (2012), se articula en base a tres dimensiones: los conceptos computacionales, las prácticas y las perspectivas.

Desde nuestro punto de vista, se podría definir el pensamiento computacional como la habilidad y capacidad para resolver problemas utilizando la programación y los fundamentos de las ciencias computacionales. En los últimos años se ha desarrollado un enfoque creciente orientado a mejorar la alfabetización tecnológica de los niños y hacer que el pensamiento computacional sea una competencia relevante en los entornos escolares (Caballero & García-Valcárcel, 2017; Liu, Perera, & Klein, 2017). Algunas investigaciones al respecto aportan evidencias que demuestran que se producen cambios positivos en los estudiantes inmersos en programas de formación en habilidades de programación y pensamiento computacional empleando robots programables (Chen, Shen, Barth-Cohen, Jiang, Huang, & Eltoukhy, 2017; Durak & Saritepeci, 2018).

En el contexto español se está empezando a trabajar con los niños de las primeras etapas educativas sobre contenidos matemáticos como álgebra con el uso de dispositivos robóticos adaptados a los niños para el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional (Alsina & Acosta, 2018) con buenos resultados.

La integración de la robótica durante las primeras etapas escolares aprovecha que en este periodo se crean nuevas ideas basadas principalmente en experiencias y conceptos aprendidos previamente; existiendo una gran influencia del entorno familiar (Seppänen, Schaupp, & Wahlström, 2018;



Wong, Jiang, & Kong, 2018). Por consiguiente, el aprendizaje se produce cuando los niños, haciendo uso de la información capturada por sus sentidos comparten ideas, prueban sus límites y obtienen retroalimentación. En estas acciones, la imaginación y la creatividad juegan un papel importante en la producción de nuevos conocimientos (Buitrago, Casallas, Hernández, Reyes, Restrepo, & Danies, 2017). Además, el desarrollo de habilidades de programación y pensamiento computacional mediante robots capitaliza las características lúdicas del recurso y el contexto, lo que representa un impacto positivo de acuerdo al enfoque de juego planteado por Froebel (Resnick & Rosenbaum, 2013).

2. Material y métodos

A la luz del marco teórico expuesto, y considerando que todavía son escasos los estudios empíricos que prueban el impacto de la robótica educativa en el desarrollo del pensamiento computacional de los niños pequeños, se planifica un estudio con el objetivo de comprobar la influencia de un programa de formación basado en actividades de aprendizaje con robótica educativa en la adquisición de habilidades de pensamiento computacional en escolares de educación infantil.

En la actualidad son diversos los recursos de robótica educativa que permiten introducir la programación en edades tempranas. Para esta investigación se ha utilizado el kit de robótica Bee-Bot®. Este es un robot de piso en forma de abeja con una estructura que combina resistencia y sutileza al mismo tiempo. Otros factores a su favor son sus dimensiones, que permiten una fácil manipulación. Además, sus colores, sonidos y movimientos lo hacen un recurso adecuado para utilizarse con niños pequeños entre los 3 y 7 años. Por otro lado, su fabricante, la empresa inglesa TTS, posee una reconocida trayectoria en el diseño y construcción de recursos educativos por lo que este robot representa una tecnología educativa madura existiendo un nivel de confianza y calidad comprobada. El robot cuenta con botones para programar la secuencia de movimientos que él deberá realizar: avanzar, retroceso, girar a la izquierda o derecha, comenzar a moverse, pausar los movimientos y borrar los comandos anteriores. El robot se desplaza en movimientos de 15 cm, realiza giros de 90° y almacena en memoria hasta 40 instrucciones. Para el estudio se opta por utilizar una serie de tapetes o alfombrillas que fueron diseñados de forma específica para la investigación en función de los objetivos de las actividades de formación. Además, se elabora para cada tapete una historia que involucraba entre sus personajes al propio robot Bee-Bot®. Esta narración se presenta a los niños antes de exponer el reto que debían resolver. El propósito de la historia era presentar los retos bajo un contexto lúdico y motivador adaptado a la edad de los niños.

2.1. Diseño de investigación

Las preguntas de investigación de las que se parten son las siguientes:

- 1) ¿Se puede desarrollar el pensamiento computacional de los niños de la etapa educativa de Infantil (3-6 años) a través de actividades de robótica en el aula?
- 2) ¿Pueden mejorar los niños su capacidad de secuenciar acciones para dar respuesta a un desafío a través de actividades de programación usando robots educativos?
- 3) ¿Pueden mejorar los niños su capacidad de relacionar las instrucciones que dan a un robot con la acción que éste desempeña?
- 4) ¿Pueden mejorar los niños su habilidad para identificar y corregir los errores existentes en una secuencia de programación?

Los objetivos del trabajo, relacionados con estas preguntas de investigación, se centran en evaluar el desempeño de los estudiantes ante retos en los que tienen que demostrar estas habilidades computacionales, inicialmente y una vez que han completado un programa formativo con actividades de robótica. Y de este modo, valorar la eficacia del programa en función de las capacidades desarrolladas en los sujetos.



Como hipótesis de partida se establece que mediante la integración de un programa de actividades de aprendizaje con robótica educativa se contribuirá significativamente a la adquisición de habilidades de pensamiento computacional en escolares de educación infantil.

El estudio se desarrolla mediante un diseño de tipo cuasi-experimental (Campbell & Stanley, 1993; Hernández & Maquilón, 2010), con medidas pretest y postest en dos grupos (experimental y control), como se observa en el diagrama de la figura 1. Los estudiantes se dividen en dos grupos, experimental (Ge), cuyos integrantes realizarán el programa formativo, y grupo de control (Gc), formado por los sujetos que no participarán en las actividades de robótica (Kandlhofer & Steinbauer, 2016). La asignación de los sujetos a los grupos no se puede realizar de forma aleatoria, ya que la intervención permitida por el centro educativo exigía trabajar con los grupos intactos formados de acuerdo a criterios inherentes al propio colegio e independientes del estudio. Siguiendo los criterios metodológicos de este tipo de diseño de investigación, se recolectan medidas de cada individuo (grupos experimental y control), antes y después de la intervención.

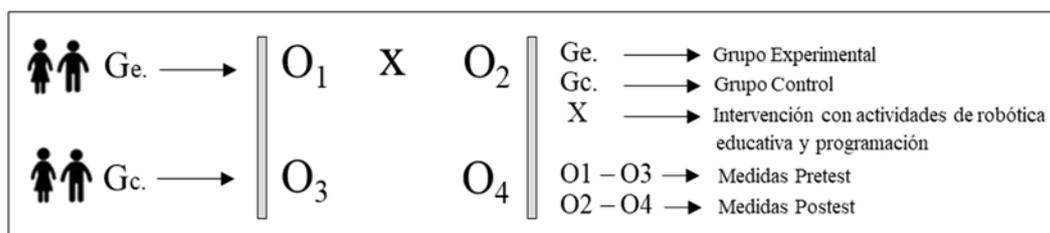


Figura 1: Diagrama sobre el diseño de investigación.

2.2. Variables

En el diseño de investigación se definen dos tipos de variables: independiente y dependiente (Hernández & al., 2014: 238). La variable independiente es aquella que se manipula a fin de medir su efecto en la variable dependiente. Así pues, el programa de formación sobre robótica educativa es la variable independiente.

La variable dependiente se define como las habilidades de pensamiento computacional y programación de los estudiantes, considerando tres dimensiones, las cuales pueden ser evaluadas a través del kit de robótica:

- 1) Secuencias: capacidad de secuenciar acciones para dar respuesta a un desafío a través de actividades de programación.
- 2) Correspondencia acción-instrucción: capacidad de relacionar las instrucciones que dan a un robot con la acción que desempeña.
- 3) Depuración: habilidad para identificar y corregir los errores existentes en una secuencia de programación.

Brennan y Resnick (2012) describen las secuencias como una serie de pasos que deben realizarse para que una tarea en particular se desarrolle con éxito. La acción-instrucción del pensamiento computacional, se refiere a la ejecución que deberá hacer el robot de cada instrucción que se le proporciona (Bers, Flannery, Kazakoff, & Sullivan, 2014). La dimensión práctica depuración corresponde a la realización de una tarea mediante el método de ensayo y error, aprendiendo de los errores.

2.3. Participantes

La muestra la conformaron 131 estudiantes de educación infantil de un centro concertado ubicado en Salamanca, durante el curso académico 2016-2017. Todos los participantes son informados de los objetivos del estudio y se recopilaron los consentimientos informados de los padres/tutores de los menores con la colaboración del centro escolar. El rango de edad de los participantes estuvo



entre los 3 y 6 años (el 70% entre 4 y 5 años). La distribución de los participantes en los grupos es de 67 para el grupo experimental (51% de toda la muestra) y 64 en el grupo control (49% de toda la muestra), observándose una proporción equilibrada en función del género). Las niñas representan el 45% de los sujetos del grupo experimental y el 48% del grupo control.

2.4. Procedimiento

La investigación se estructuró en base a tres etapas: La primera supone la medición inicial de la variable dependiente (pretest), en la segunda se desarrolla el programa formativo (intervención) y en la tercera se repite la aplicación de la prueba de evaluación (postest).

La intervención consistió en el desarrollo de siete sesiones de trabajo con los niños del grupo experimental. La primera es de iniciación al uso de los dispositivos y en las siguientes seis sesiones los niños pudieron explorar conceptos y realizar prácticas sobre programación. Las sesiones de intervención fueron diseñadas tomando como referencia el programa de estudios en robótica TangibleK (Bers, 2010), creado por el grupo de investigación DevTech de la universidad Tufts en Boston, bajo la dirección de la profesora Umaschi Bers.

La planificación de las sesiones formativas se realizó de acuerdo con las maestras, cuya función fue lograr la familiaridad del investigador con el grupo de clase, supervisar las actividades desarrolladas en la clase y evaluar el desempeño de los niños junto con el investigador. Cada sesión se desarrolla a lo largo de una jornada escolar, con un tiempo aproximado de cuatro horas por jornada, integrando las actividades de robótica en el desarrollo curricular con el fin de potenciar habilidades lógico-matemáticas. Durante el desarrollo de las actividades los estudiantes trabajaron en pequeños grupos (4-5 integrantes) de forma colaborativa. Las sesiones se organizaron en base a los objetivos previstos:

- En la sesión de iniciación, denominada Mis primeros pasos en Robótica, los estudiantes tuvieron la oportunidad de utilizar el robot Bee-Bot®, explorando sus características y logrando una comprensión general de las funcionalidades del recurso.
- En la sesión 1 y 2 se trabaja la dimensión de Secuencia. Los niños tienen que crear secuencias de instrucciones para desplazar el robot a través del tapete. En primer lugar, se programan movimientos simples hacia delante. Posteriormente se incluyen giros a izquierda y derecha.
- Las sesiones 3 y 4 se centraron en la dimensión Correspondencia acción-instrucción. Se utilizan tarjetas para que los niños programen los movimientos que quieren que el robot realice y posteriormente se comprueban con los robots.
- Las sesiones 5 y 6 se orientaron a trabajar la dimensión Depuración. En éstas se les proporcionan secuencias simples con errores que deben detectar y corregir para conseguir el reto planteado.
- Una vez concluidas las sesiones de formación, se inicia la tercera fase, en la cual se realiza una nueva medición mediante la aplicación de pruebas Solve-it (retos de programación acompañados de historias lúdicas) que permiten evaluar los aprendizajes adquiridos en los integrantes de los grupos experimental y control. La aplicación de las pruebas de evaluación se realiza de forma individual.

2.5. Instrumentos

El instrumento de evaluación utilizado para valorar el nivel de desempeño que alcanzaron los niños es una adaptación de la rúbrica SSS empleada en el programa TangibleK (Bers, 2010). La rúbrica es aplicada por el investigador y la maestra de forma conjunta, consensuando la valoración de los resultados obtenidos por cada uno de los estudiantes.

Cada dimensión es evaluada a través de la resolución de dos retos planteados a los niños. Cada reto recibe una puntuación de 0 a 5 puntos, en función de la autonomía del sujeto para resolver el



reto y el éxito alcanzado (desempeño). Los criterios formulados en la rúbrica implican valorar con el puntaje máximo 5, si el niño/a logra completamente el reto asignado sin ninguna ayuda del investigador. En el caso de que el estudiante logre de forma significativa el reto asignado; es decir, con mínimas ayudas del investigador, se puntúa el logro obtenido con un 4. Si el desarrollo del reto resulta medianamente satisfactorio, recibiendo ayudas periódicas del investigador, pero no paso a paso, el valor asignado es de 3 puntos. Cuando el niño/a presenta una respuesta mínima al reto asignado, obteniendo del investigador ayuda paso a paso durante el desarrollo, se le asigna un 2. En el caso de que el estudiante inicia el desarrollo del reto, pero no lo completa, se asigna un puntaje de 1 y cuando el participante no intenta resolver el reto asignado, la valoración asignada es de 0 puntos. Para el presente estudio se fijó el valor 4, como el nivel de logro objetivo para superar satisfactoriamente cada reto.

2.6. Análisis de datos

Para comprobar la influencia de las actividades de robótica educativa en la adquisición de habilidades de pensamiento computacional en los escolares, se efectúa el análisis de los resultados obtenidos en las pruebas pretest y postest, distinguiendo las dimensiones: secuencias, correspondencia instrucción-acción y depuración.

En primer lugar, se realiza el estudio de normalidad de la muestra poblacional empleando para esto el test de normalidad Kolmogorov-Smirnov. El uso de este tipo de prueba se recomienda cuando el estudio se realiza en una muestra superior a 30 individuos, como es nuestro caso. Este test es importante porque permite determinar las pruebas a utilizar, de tipo paramétricas o no paramétricas, en los análisis para contraste de hipótesis estadísticas. En los análisis estadísticos que se efectúan se establece como valor crítico $\alpha < 0.05$.

Los datos de la prueba Kolmogorov-Smirnov sobre los resultados del pretest en los grupos experimental y control, permite concluir que estos datos no siguen una distribución normal. El valor de significación asintótica calculado para cada dimensión del pensamiento computacional y para el total es menor al nivel de confianza establecido para los análisis. Esto lleva a utilizar pruebas de contraste no paramétricas como la U de Mann-Whitney y la W de Wilcoxon.

3. Resultados

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

En primer lugar, se comparan los resultados del pretest entre el grupo experimental (G_e) y control (G_c) para verificar su equivalencia. Los datos obtenidos muestran que los grupos no son equivalentes, observándose diferencias significativas entre ambos grupos en las medias de todas las dimensiones y la puntuación total (prueba completa) a favor del grupo experimental (ver tabla 1). La falta de equivalencia en los grupos experimental y control es una cuestión que no se ha podido prever a priori, ya que los grupos están formados por el colegio previamente al inicio de la investigación y no se ha permitido su modificación. La constatación de esta situación es tenida en cuenta para seleccionar la estrategia de análisis de datos más adecuada, ya que, si bien no es la situación deseable para establecer la comparación de los grupos control y experimental, tampoco es una barrera insalvable, pues existen métodos de análisis que ofrecen una solución (diseños de grupo control no equivalente).



Tabla 1. Diferencias en el pretest entre grupo experimental y control (Prueba de Mann-Whitney)

Variables	Media Ge N=67	Media Gc N=64	U de Mann Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. asintót (bilateral)
Dimensiones						
Secuencia	5,61	4,75	1046,50	3126,50	5,337	,000
Correspondencia	4,15	3,03	687,50	2767,50	7,056	,000
Depuración	4,91	4,25	1329,00	3409,00	4,274	,000
Prueba completa						
Pensamiento computacional	14,67	12,03	569,50	2649,50	7,319	,000

3.2. Análisis de resultados del postest

Los datos obtenidos en el postest también evidencian diferencias significativas ($p < ,001$) entre el grupo experimental y control en todas las variables estudiadas (dimensiones y prueba completa) como se puede apreciar en la tabla 2. Sin embargo, por no ser grupos equivalentes inicialmente, estas diferencias no son atribuibles directamente al tratamiento, es necesario profundizar en el análisis.

Tabla 2. Diferencias en el postest entre grupo experimental y control (Prueba de Mann-Whitney)

Variables	Media Ge N=67	Media Gc N=64	U de Mann Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. asintót (bilateral)
Dimensiones						
Secuencia	7,66	5,16	144,50	2224,50	9,352	,000
Correspondencia	7,19	3,72	70,50	2450,50	9,713	,000
Depuración	7,88	4,37	79,50	2159,50	9,654	,000
Prueba completa						
Pensamiento computacional	22,84	13,25	47,50	2127,50	9,690	,000

Siguiendo las pautas de los diseños de grupo control no equivalentes (Campbell y Stanley, 1993; Tejedor, 2000) y con objeto de conocer la incidencia de la variable independiente en la variable dependiente, se decide analizar la significatividad de las diferencias producidas entre las puntuaciones del pretest y las obtenidas en el postest en cada una de las dimensiones de la variable dependiente, para los dos grupos experimental y control (Tabla 3). Para ello son definidas nuevas variables denominadas: DiferenSecuencia, DiferenCorrespondencia, DiferenDepuración y DiferenTotal; las cuales se obtienen calculando la diferencia entre la puntuación en el postest y la del pretest.

Se puede observar que la diferencia entre el pretest y el postest en el grupo experimental es de más de 2 puntos en todas las dimensiones, alcanzando 8,16 puntos en la prueba completa (DiferenTotal), mientras que en el grupo control las puntuaciones en la prueba final han añadido menos ganancia, siendo las diferencias menores a 1 punto en todas las dimensiones y de 1,22 en la prueba completa.

Si observamos la significación estadística de las diferencias apuntadas, tan sólo en un caso no resulta significativa, se trata de la dimensión Depuración en el grupo control. En dicha variable no ha habido una ganancia en las habilidades de los niños del grupo control, mientras que en el resto de las variables, aun tratándose del grupo control, se han producido diferencias significativas que se pueden explicar como efecto de instrumentación (debido a la propia aplicación de la prueba inicial o pretest, que ha podido suponer un cierto aprendizaje) así como al efecto maduración (debido a la propia maduración de los niños en los meses que dura el tiempo de intervención, dado que a estas edades tempranas los niños aprenden nuevas habilidades constantemente y de forma muy rápida).



Tabla 3. Análisis de las diferencias entre postest y pretest (Prueba de Wilconson)

Variables	N	Media Difer.	Desviación Típ.	Z	Signif.
Grupo experimental (Ge)					
DiferenSecuencia	67	2,149	1,183	6,872	,000
DiferenCorrespondencia	67	3,045	1,036	7,190	,000
DiferenDepuración	67	2,970	1,128	7,171	,000
DiferenTotal	67	8,164	2,359	7,130	,000
Grupo control (Gc)					
DiferenSecuencia	64	,406	,706	4,004	,000
DiferenCorrespondencia	64	,687	,732	5,516	,000
DiferenDepuración	64	,125	,882	1,117	,264
DiferenTotal	64	1,219	1,339	5,467	,000

Adicionalmente, con los datos que se han generado a partir de las diferencias entre el postest y el pretest se realizan otros análisis estadísticos como la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para muestras independientes, con objeto de confirmar si las ganancias de aprendizaje en el grupo experimental son significativamente mayores que las habidas en el grupo control. Entendiendo la ganancia como el aumento de la puntuación en el postest con respecto al pretest. Los resultados de la prueba muestran para cada una de las variables una significancia asintótica menor al 0,01 (Tabla 4).

Por tanto, se puede decir que los resultados alcanzados en las pruebas finales presentan diferencias significativas entre ambos grupos (experimental y control); se puede argumentar que los niños del grupo experimental obtienen mayores habilidades que los niños del grupo control, gracias a la intervención realizada, mostrando un mayor avance (estadísticamente significativo) en las puntuaciones del postest.

Tabla 4. Análisis de las diferencias entre grupo experimental y control (Prueba de Mann-Whitney)

Variables	U de Mann Whitney	Z	Sig. asintót (bilateral)
Dimensiones			
DiferenSecuencia	484,50	-7,868	,000
DiferenCorrespondencia	179,00	-9,241	,000
DiferenDepuración	99,500	-9,551	,000
Prueba completa			
Pensamiento computacional	16,00	-9,551	,000

Se ha estimado el tamaño del efecto para la prueba completa calculando el valor δ de Cohen y resulta extraordinariamente alto (1,84), por ser muy superior al valor 0,80 establecido para considerarse muy alto. Este valor reafirma la diferencia de los logros conseguidos por los niños en función del grupo al que ha sido asignado, siendo mayor en el grupo que ha realizado la formación.

3.3. Análisis gráfico de las diferencias entre los grupos experimental y control

Finalmente, mostramos, mediante un análisis gráfico utilizando las curvas ROC (García-Valcárcel & Tejedor, 2017), las diferencias existentes en los grupos experimental y control. Lo haremos tomando como variables de estudio las diferencias producidas entre las puntuaciones del pretest y las del postest en cada una de las dimensiones de la variable dependiente, y en la variable total denominada habilidades de pensamiento computacional. Como variable de clasificación o de estado se toma la variable grupo, con dos posibles valores: grupo experimental y control. Para el análisis se ha considerado como caso positivo a los integrantes del grupo experimental, los cuales han sido representados en la gráfica.

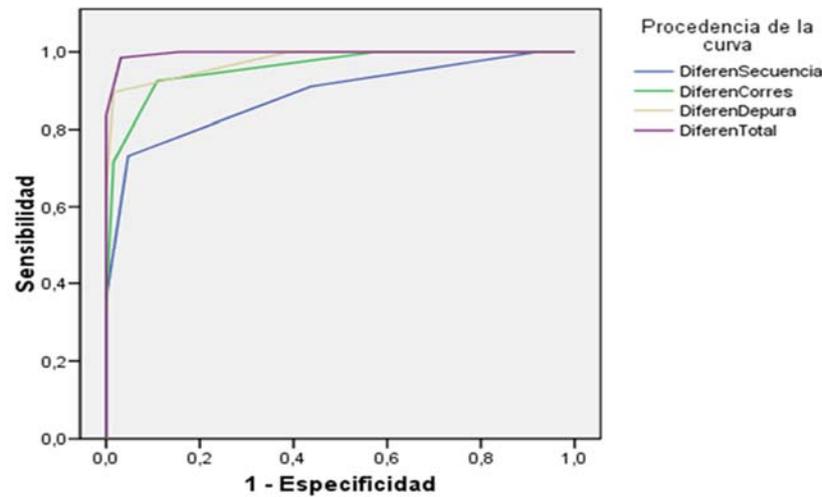


Figura 2: Gráfica de Curva ROC sobre las diferencias pretest-postest (grupo experimental).

En la figura 2 observamos los pares de valores (1- especificidad, sensibilidad) que generan el gráfico de curvas ROC para cada una de las variables de estudio (DiferenSecuencia, DiferenCorrespondencia, DiferenDepuración y DiferenTotal). Se puede apreciar que todas las curvas están por encima del valor de referencia (diagonal del área). Esto ocurre así porque las puntuaciones de los estudiantes pertenecientes al grupo experimental son mucho más altas que las de los estudiantes del grupo control en todas las variables de análisis, tal como ya se había puesto de manifiesto en las tablas precedentes.

4. Discusión y conclusiones

El desarrollo de actividades de robótica educativa orientadas a la adquisición de habilidades de pensamiento computacional presenta resultados positivos que corroboran que el programa formativo ha facilitado la formación de habilidades de pensamiento relacionadas con las dimensiones: secuencias, correspondencias instrucción-acción y depuración. Las diferencias significativas encontradas entre los integrantes de los grupos experimental y control demuestran la existencia de un mayor aprendizaje en cada una de las variables analizadas en el grupo que realizó las actividades de robótica. Los niños del grupo control también demuestran mejores habilidades en la prueba postest, lo que se atribuye al efecto maduración, el aprendizaje debido a la prueba pretest y a que el tiempo que ha durado la intervención se ha seguido avanzando en el programa curricular, y específicamente en el área de lógica y matemática, lo que genera mayores conocimientos relacionados con las habilidades evaluadas.

Los niños que han participado en el programa han adquirido nuevas habilidades para diseñar y construir secuencias de programación utilizando objetos tangibles (robots), pudiendo comprobar de forma experimental las consecuencias y exactitud de las instrucciones elaboradas, así como detectar errores en las secuencias de programación. La metodología empleada apoya también la adquisición de habilidades sociales, como la comunicación, el trabajo colaborativo, la creatividad, la autonomía y el liderazgo. Esta forma de aprendizaje se relaciona con las metodologías activas de aprendizaje y las teorías del aprendizaje constructivistas que postulan que el conocimiento se logra a través de la interacción del sujeto con el objeto de estudio (Bers, Flannery, Kazakoff, & Sullivan, 2014).

Este estudio demuestra que es posible desarrollar estas habilidades de pensamiento desde etapas escolares tempranas, ya que se ha trabajado con estudiantes de 3 a 6 años y los niños han respondido a las expectativas del estudio, pudiéndose comprobar la hipótesis de partida. La investigación



pone de manifiesto el impacto que tiene la incorporación de la robótica en el desarrollo de aprendizajes significativos, en referencia a la formación de competencias digitales relacionadas con la programación. A la vez, sienta las bases para la implementación de escenarios de aprendizaje tecnológicos más complejos en futuros niveles escolares.

Los resultados alcanzados coinciden con las conclusiones de otras investigaciones (Lee, Sullivan, & Bers, 2013; Elkin, Sullivan, & Bers, 2014) que manifiestan los efectos positivos de la introducción de recursos de robótica para fomentar el desarrollo de habilidades e intereses vinculados a las áreas de conocimiento STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

Consideramos pertinente poner de manifiesto algunas limitaciones del estudio realizado que tienen que ver con el tamaño de la muestra, la cual podría ser más amplia si se hubiera contado con más centros educativos interesados en participar en el estudio, así como la equivalencia de los grupos, que podría conseguirse con una asignación aleatoria de los sujetos a los grupos, lo cual no ha sido posible debido a la organización escolar. Al respecto, se deben tener en cuenta las limitaciones de los investigadores y las condiciones que establecen los centros educativos para el desarrollo de este tipo de estudios. Consideramos que los resultados expuestos pueden interpretarse como una aproximación al tema si bien se requieren más estudios que permitan consolidar las conclusiones.

Referencias

- Alsina, A., & Acosta, Y. (2018). Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: Una experiencia sobre patrones con robots educativos programables. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 52, 218-235. <https://bit.ly/2PC1hLt>
- Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational Thinking: A digital age skill for everyone. *Learning and Leading with Technology*, 38(6), 20-23.
- Bers, M.U. (2010). The TangibleK Robotics program: Applied computational thinking for young children. *Early Childhood Research & Practice*, 12(2). <https://bit.ly/2RZ3B11>
- Bers, M.U., Flannery, L., Kazakoff, E.R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145-157. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Berrocso, J., Sánchez, M., & Arroyo, M. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *Red*, 46, 1-18. <https://doi.org/10.6018/red/46/3>
- Bravo, F.A., & Forero, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Teoría de la Educación*. 13(2), 120-136. <https://bit.ly/2EtOVnJ>
- 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.
- Bruni, F., & Nisdeo, M. (2017). Educational robots and children's imagery: A preliminary investigation in the first year of primary school. *Research on Education and Media*, 9(1), 37-44. <https://doi.org/10.1515/rem-2017-0007>
- Buitrago, F., Casallas, R., Hernández, M., Reyes, A., Restrepo, S., & Danies, G. (2017). Changing a generation's way of thinking: Teaching computational thinking through programming. *Review of Educational Research*, 87(4), 834-860. <https://doi.org/10.3102/0034654317710096>
- Buss, A., & Gamboa, R. (2017). Teacher transformations in developing computational thinking: Gaming and robotics use in after-school settings. In P.J. Rich & C.B. Hodges (Eds.), *Emerging research, practice, and policy on computational thinking* (pp. 189-203). Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-1_12
- Caballero, 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* (p. 103). New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/3144826.3145450>
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., & Eltoukhy, M.M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers and Education*, 109, 162-175. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>



- Campbell, D., & Stanley, J. (1993). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Durak, H.Y., & Saritepeci, M. (2018). Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model. *Computers & Education*, 116, 191-202. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.004>
- Elkin, M., Sullivan, A., & Bers, M.U. (2014). Implementing a robotics curriculum in an early childhood Montessori classroom. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 13, 153-169. <https://doi.org/10.28945/2094>
- 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). Salamanca, Spain, November 2-4, 2016. New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012491>
- García-Valcárcel, A., & Tejedor, F.J. (2017). Percepción de los estudiantes sobre el valor de las TIC en sus estrategias de aprendizaje y su relación con el rendimiento. *Educación XX1*, 20(2), 137-159. <https://doi.org/10.5944/educxx1.19035>
- 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.
- Kandlhofer, M., & Steinbauer, G. (2016). Evaluating the impact of educational robotics on pupils' technical- and social-skills and science related attitudes. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 679685. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2015.09.007>
- 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. <https://doi.org/10.4018/ijseus.2018010102>
- Koning, J.I., Faber, H.H., & Wierdsma, M.D. (2017). Introducing computational thinking to 5 and 6 years old students in dutch primary schools: An educational design research study. In C. Suero, & M. Joy (Eds.), *Proceedings of the 17th Koli Calling Conference on Computing Education Research Calling Conference on Computing Education Research* (pp. 189-190). New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/3141880.3141908>
- Kucuk, S., & Sisman, B. (2017). Behavioral patterns of elementary students and teachers in one-to-one robotics instruction. *Computers & Education*, 111, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.002>
- Lee, K.T., 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. <https://doi.org/10.1080/07380569.2013.805676>
- Liu, H.P., Perera, S.M., & Klein, J.W. (2017). Using model-based learning to promote computational thinking education. In P.J. Rich, & C.B. Hodges (Eds.), *Emerging research, practice, and policy on computational thinking* (pp. 153-172). Switzerland: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-1_10
- Moro, M., Agatolio, F., & Menegatti, E. (2018). The RoboESL Project: Development, evaluation and outcomes regarding the proposed robotic enhanced curricula. *International Journal of Smart Education and Urban Society*, 9(1), 48-60. <https://doi.org/10.4018/ijseus.2018010105>
- Ozcinar, H., Wong, G., & Ozturk, H.T. (Eds.) (2017). *Teaching computational thinking in primary education*. USA: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3200-2>
- Pittí, K., Curto-Diego, B., Moreno-Rodilla, V. (2010). Experiencias constructoras con robótica educativa en el Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas. *Education in the Knowledge Society*, 11(1), 310-329. <https://bit.ly/2MNPwls>
- 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.
- Schwabe, R.H. (2013). Las tecnologías educativas bajo un paradigma constructorista: un modelo de aprendizaje en el contexto de los nativos digitales. *Revista Iberoamericana de Estudos em Educação*, 8(3), 738-746. <https://doi.org/10.5860/choice.51-1612>
- Seppänen, L., Schaupp, M., & Wahlström, M. (2018). Enhancing learning as theoretical thinking in robotic surgery. *Nordic Journal of Vocational Education and Training*, 7(2), 84-103. <https://doi.org/10.3384/njvet.2242-458x.177284>



- Serholt, S. (2018). Breakdowns in children's interactions with a robotic tutor: A longitudinal study. *Computers in Human Behavior*, 81, 250-264. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.030>
- Tejedor, F.J. (2000). El diseño y los diseños en la evaluación de programas. *Revista de Investigación Educativa*, 18(2), 319-339.
- Wing, J.M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <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. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- Wong, G., Jiang, S., & Kong, R. (2018). Computational thinking and multifaceted skills: A qualitative study in primary schools. in *teaching computational thinking in primary education* (pp. 78-101). USA: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3200-2.ch005>
- Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *RED*, 46, 1-47. <https://doi.org/10.6018/red/45/4>