

[Cierre de edición el 01 de Mayo del 2022]

<https://doi.org/10.15359/ree.26-2.15>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Alfabetización computacional en educación infantil: Dificultades y beneficios en el aula de 3 años

Computer Literacy in Early Childhood Education: Difficulties and Benefits in a 3-year-old Classroom

Alfabetização informática na educação infantil: dificuldades e benefícios na sala de aula de 3 anos

Ainhoa Berciano-Alcaraz

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
Bilbao, España

ainhoa.berciano@ehu.es

 <https://orcid.org/0000-0001-7399-4745>

María Salgado-Somoza

Universidade de Santiago de Compostela
Santiago de Compostela, España

maria.salgado@usc.es

 <https://orcid.org/0000-0002-0309-241X>

Clara Jiménez-Gestal

Universidad de La Rioja
Logroño, España

clara.jimenez@unirioja.es

 <https://orcid.org/0000-0003-1766-2855>



Recibido • Received • Recebido: 06 / 04 / 2020
Corregido • Revised • Revisado: 15 / 02 / 2022
Aceptado • Accepted • Aprovado: 07 / 04 / 2022

Resumen:

Objetivo. En este trabajo se analiza el tipo de dificultades y argumentación que muestran las niñas y niños de tres años, frente a tareas relacionadas con la programación y la robótica educativa en el aula. **Metodología.** Se ha elaborado un diseño teórico y se ha implementado una secuencia de actividades en un aula de niños y niñas de 3 años de edad y se ha realizado un estudio de casos con 8 de los participantes. **Análisis de resultados.** Entre los resultados más destacados se han identificado dificultades de tres tipos, las derivadas de las características del robot, las asociadas a la dimensión comprensión acción-instrucción del pensamiento computacional y las asociadas a la etapa cognitiva de los niños y niñas. **Conclusiones.** El análisis de los argumentos expresados en el desarrollo de la tarea permite concluir que el uso de robótica educativa en edades tempranas favorece el desarrollo de la alfabetización computacional, lo que hace recomendable su inclusión entre las actividades de aula.

Palabras clave: Robótica educativa; dificultades; educación infantil; alfabetización computacional; educación matemática.



<https://doi.org/10.15359/ree.26-2.15>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Abstract:

Objective. In this work, we analyze the type of difficulties and arguments that three-year-old children show when they carry out tasks related to programming and educational robotics. **Method.** A theoretical design has been developed, and a sequence of activities has been implemented in a classroom of 3-year-old children. A case study was conducted with 8 children. **Results.** Among the results, we identified three types of difficulties, those derived from the characteristics of the robot, those associated with the action-instruction comprehension dimension of computational thinking, and those associated with the cognitive stage of the children. **Conclusions.** Based on the analysis of the arguments expressed in the development of the task, we conclude that the use of educational robots at early ages favors the development of computer literacy, and this makes its inclusion in classroom activities recommendable.

Keywords: Early childhood education; educational robots; difficulties; computer literacy; mathematics education.

Resumo:

Objetivo. Este trabalho analisa o tipo de dificuldade e argumento que as crianças de três anos de idade apresentam quando são confrontadas com tarefas relacionadas à programação e robótica educativa em sala de aula. **Metodologia.** Foi desenvolvido um desenho teórico e implementada uma sequência de atividades em uma sala de aula, com crianças de 3 anos. Também, foi feito um estudo de caso com 8 das crianças. **Resultados.** Entre os resultados identificados forma encontrados três tipos de dificuldades: aquelas derivadas das características do robô, aquelas associadas à dimensão de compreensão da ação-instrução do pensamento computacional e aquelas associadas à fase cognitiva das crianças. **Conclusão.** A análise dos argumentos expressos no desenvolvimento da tarefa nos permite concluir que o uso da robótica educacional em idades precoces favorece o desenvolvimento da alfabetização informática, o que torna recomendável sua inclusão nas atividades de sala de aula.

Palavras-chave: Robótica educativa; dificuldades; educação infantil; alfabetização informática; educação matemática.

Introducción y estado de la cuestión

La robótica educativa no consiste en enseñar robótica, sino en utilizar los robots para crear un medio atractivo, útil y divertido para desarrollar competencias en el alumnado. Así, mediante una metodología activa, fomenta que el alumnado, mediante la indagación guiada por el profesorado, pueda llegar a aplicar técnicas de inducción. Además, garantiza el aspecto manipulativo y desarrolla una gran cantidad de destrezas individuales y colectivas, tanto a nivel cognitivo como físico, y entre las competencias y habilidades que se desarrollan está el pensamiento computacional (Papert, 1995).

Cuando hablamos de pensamiento computacional, debemos mencionar a Papert, creador del primer lenguaje de programación de uso básico para las escuelas en 1968, conocido como Logo que, basándose en las ideas del constructivismo, creó una visión propia sobre el aprendizaje, al que denominó *construccionismo*, sobre el cual se basan hoy en día las experiencias

robóticas dentro de las aulas. Esta teoría de aprendizaje se basa en que las personas adquieren conocimiento por medio de la acción; fomentando en todo momento que se llegue a establecer relaciones y desarrollar un pensamiento más abstracto por medio de acciones concretas, que fomenten la manipulación y la concreción.

En la actualidad, la programación y la robótica son disciplinas en pleno crecimiento y, de un modo explícito, ya forman parte del currículo educativo. Como no podía ser de otro modo, se observa como la educación secundaria va un paso por delante de la educación primaria en la implementación en el aula ([Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación de Profesorado \[INTEF\], 2018](#)), pero, como se recoge en el informe *Horizon 2017*, uno de los desafíos de la educación en estas etapas educativas es la de conseguir la alfabetización en programación del alumnado y, para ello, distintos países ya han puesto en marcha la implementación gradual de la programación a lo largo de la Educación Primaria ([Freeman et al., 2017](#)).

En educación infantil, sin embargo, no hay directrices internacionales que establezcan cómo introducir la programación en las aulas, aunque en la realidad hay experiencias de prácticas educativas que introducen el uso de robots puntualmente.

Respecto a la alfabetización computacional, podemos entenderla como una capacidad multidimensional que, además de la habilidad de saber programar, abarca aspectos relacionados con la competencia de comunicarse en entornos computacionales y leer e interpretar con fluidez lenguajes de programación. Así, en este trabajo pretendemos ver en qué medida la programación de robots y la introducción de las dimensiones del pensamiento computacional adecuadas a esta etapa educativa influyen en la alfabetización computacional. En particular, pretendemos detectar y analizar las dificultades que experimentan y los argumentos que desarrollan los niños y las niñas de tres años al enfrentarse a una propuesta didáctica específicamente diseñada para trabajar el pensamiento computacional, usando robots educativos.

Robótica educativa

Según [Ruiz-Velasco Sánchez \(2007\)](#), la robótica educativa, o robótica pedagógica, se define como un planteamiento pedagógico que, por medio de la creación de robots, pretende que se adquieran los conocimientos de otras áreas de conocimiento.

Entonces, ¿por qué puede ser interesante la implantación de la robótica en el aula? [Bravo Sánchez y Forero Guzmán \(2012\)](#) defienden las virtudes de la robótica educativa por los siguientes motivos: 1) ayuda a comprender conceptos teóricos complejos de modo práctico y didáctico, 2) trabajando con robótica educativa se alcanza un alto nivel de transversalidad (matemáticas, física, electrónica, ciencias naturales ...), 3) los robots son un elemento motivador entre el alumnado, lo que se traduce en mayores oportunidades de aprendizaje y capacidad de mantener su atención.



<https://doi.org/10.15359/ree.26-2.15>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Otra ventaja de la robótica educativa es la que propone [Odorico \(2004\)](#), cuando defiende que un ambiente de aprendizaje con robótica educativa contribuye al desarrollo de la capacidad de resolución del alumnado en contextos diversos al igual que el pensamiento sistemático. De hecho, atendiendo a la clasificación dada por [García-Valcárcel-Muñoz-Repiso y Caballero-González \(2019\)](#), el uso de los robots educativos dentro del aula puede tener tres finalidades docentes distintas: 1) dentro de la robótica, el estudio del robot y de sus características es el objetivo; 2) el robot se puede convertir en un medio para favorecer el aprendizaje relativo a la robótica como objeto de aprendizaje; 3) o se puede utilizar como recurso educativo para apoyo al desarrollo del aprendizaje.

Pensamiento computacional

El pensamiento computacional se describe como un proceso mental necesario para poder formular problemas, diseñar sistemas y encontrar sus soluciones basándonos en los principios de la programación informática ([Wing, 2006](#)). Es más, según, [Shute et al. \(2017\)](#), una de las características destacadas del pensamiento computacional es la reusabilidad de las soluciones, debido a que éstas involucran seis facetas: descomposición del problema, abstracción, diseño de algoritmos, depurado, iteración y generalización. Así, atendiendo a recomendaciones internacionales, la competencia asociada al pensamiento computacional debería ser incluida en la formación de todos los niños y las niñas ([Organisation for Economic Cooperation and Development \[OECD\], 2015](#)).

Con el fin de entender mejor las características que definen el pensamiento computacional, acorde a investigaciones previas, podemos desgranarlo en tres dimensiones: la secuencia, entendida como la capacidad de secuenciar acciones para dar respuesta a un desafío por medio de la programación; la correspondencia acción-instrucción, que es la capacidad de establecer una relación biunívoca entre las instrucciones dadas a un robot y la secuencia de pasos que realiza; y la depuración o capacidad de identificar y corregir los errores cometidos en la secuencia de instrucciones dadas en la programación ([Bers et al., 2014](#); [García-Valcárcel-Muñoz-Repiso y Caballero-González, 2019](#)).

Este enfoque de la incorporación del pensamiento computacional al ámbito educativo ha dado lugar a distintos planteamientos educativos: 1) a nivel metodológico; destacando el conocido como Educación STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics, CTIM, en castellano), que implica un aprendizaje integrador de las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas ([Botero Espinosa, 2018](#)); 2) los referidos a la etapa educativa en la que debe iniciarse; planteando que es fundamental su desarrollo en edades tempranas; 3) la medición de sus resultados, asumiendo la necesidad de realizar investigaciones que muestren de modo claro su usabilidad y transferibilidad al profesorado de esta etapa educativa ([McClure et al., 2017](#)). En este sentido, se han abierto nuevas líneas de investigación que plantean como objetivo principal poder establecer con claridad cuáles son las conexiones que existen entre el uso de la robótica

educativa y el desarrollo del pensamiento computacional y, en concreto, en determinar cuáles son las bondades reales de la robótica educativa en el desarrollo del pensamiento computacional.

A pesar de que en la actualidad no existen muchos estudios a respecto, encontramos algunos trabajos recientes que analizan las interacciones entre robótica educativa y pensamiento computacional en la etapa de educación infantil. Entre ellos, destacamos el trabajo de [García-Valcárcel-Muñoz-Repiso y Caballero-González \(2019\)](#), en el que analizan la posible repercusión de la robótica educativa en el desarrollo del pensamiento computacional con niños y niñas, entre 3 y 6 años, en el que concluyen que el uso de los robots muestra resultados positivos en las tres dimensiones del pensamiento computacional.

Educación matemática y pensamiento computacional

Respecto a la educación matemática, surgen cada día nuevas líneas de investigación que relacionan los efectos del uso de la robótica educativa, el pensamiento computacional y la competencia matemática. En particular, [Gaudiello y Zibetti \(2016\)](#) intentan analizar las repercusiones del uso de la robótica computacional en la educación matemática. Así mismo, a pesar de que no hay muchos trabajos de investigación para el caso de educación primaria, algunos trabajos ya plantean la posibilidad de la inserción curricular del uso del robot educativo como medio para trabajar las competencias necesarias en contextos STEM ([Bellás et al., 2019](#); [Scaradozzi et al., 2015](#); [Sullivan y Bers, 2016](#)).

Por otro lado, en el caso de la educación matemática infantil, con el fin de dar lugar a un aprendizaje significativo, debemos destacar trabajos que ponen de manifiesto la necesidad de establecer conexiones prácticas en el aula, esto es, nexos entre las matemáticas y el entorno que rodea a las niñas y los niños que den lugar a establecer relaciones biunívocas con conceptos y procesos matemáticos ([Novo et al., 2017](#)). En este contexto, centrándonos en la educación STEM, hay estudios incipientes que analizan la posibilidad de incorporar los robots educativos al aula de infantil para trabajar aspectos relativos al desarrollo del razonamiento algebraico en edades tempranas, a la resolución de problemas o como herramienta motivadora en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Dentro del primer tema, destacamos el trabajo de [Alsina y Acosta Inchaustegui \(2018\)](#), en el que describen una secuencia de actividades para el desarrollo del pensamiento algebraico por medio de la identificación de patrones en seriaciones y plantean la viabilidad del uso de robot educativo como medio para su consecución.

Respecto a la resolución de problemas en primeras edades, cuando restringimos la etapa educativa al último curso de educación infantil y primeros cursos de primaria, investigaciones previas presentan la conveniencia de resolver tareas en las que la solución a la situación problemática se logra mediante la programación de robots, favoreciendo por un lado el trabajo en equipo ([Diago Nebot et al., 2018](#)) y, por otro, el uso de la programación en entornos tecnológicos como medio de resolución de problemas ([Ferrada et al., 2019](#)).



<https://doi.org/10.15359/ree.26-2.15>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Sobre la motivación en el aula de matemáticas de educación infantil y primeras edades de educación primaria, algunas investigaciones destacan que la robótica es una herramienta motivadora para el alumnado, tanto a la hora de trabajar aspectos concretos, como procesos de enseñanza (García Valiente y Navarro Montaña, 2017; Pinto Salamanca et al., 2010).

En todos los trabajos de investigación previos, de un modo u otro, se analiza la posible relación entre las matemáticas y el pensamiento computacional, y particularmente en la detección de algunas dificultades a las que deben enfrentarse los niños y las niñas cuando dan sus primeros pasos en la secuenciación y en la correspondencia acción-instrucción.

Materiales y métodos

Para poder dar respuesta al objetivo de identificar las dificultades y argumentos que niños y niñas de 3 años muestran en la resolución de tareas con robots educativos, debemos puntualizar que este estudio forma parte de una investigación más amplia en la que han participado 106 niños de 3, 4, y 5 años de un colegio público de España. Se trata de un estudio cualitativo (para el que se cuenta con el consentimiento de las tutoras y tutores legales de la niñez participante), en el que, tras el diseño de una propuesta didáctica basada en el uso de la robótica educativa y su posterior implementación, se ha realizado un análisis de las acciones de las niñas y los niños, tanto individualmente como en pequeños grupos, por medio de grabaciones audiovisuales.

La secuencia didáctica comienza con la presentación al grupo de dos abejas (los robots) que han venido de visita y quieren explorar la clase. En una primera fase de actividad, las niñas y los niños, en grupo grande, por parejas o en grupos de cuatro personas, interactúan con los robots y experimentan para descubrir su funcionamiento básico. En la segunda fase se introduce la idea de programa como secuencia de pasos que ejecuta el robot una vez que se los hemos ordenado mediante pulsaciones de sus botones. La tercera fase se desarrolla primero individualmente, se plantea a cada participante una sucesión de retos, secuenciados atendiendo a su dificultad, en los que tienen que ayudar al robot a realizar un recorrido sobre una trama cuadrada. Deben identificar los pasos que precisa dar y programarlos. Una vez realizada esta tarea individual se propone a la clase un problema de recorrido para resolver en grupo. Un grupo realiza un recorrido, lo codifica, lo representa y transmite la representación a otro grupo que tiene que ser capaz de “adivinar” el lugar en que termina el robot.

En este trabajo se presenta un estudio de 8 casos de niños y niñas de 3 años cuando se enfrentan a la tarea de resolver pequeños retos asociados con itinerarios en el plano, por medio de la programación de un robot educativo. Este tipo de tareas se consideran problemas debido a que, aunque las niñas y los niños tienen la capacidad de entender la situación que deben resolver, no disponen del conocimiento acerca de las acciones precisas para resolverlas.

La selección de los niños y las niñas cuyas actuaciones mostramos ha sido realizada en colaboración con la maestra de la clase, de modo aleatorio, tratando de tener una muestra paritaria entre niños y niñas y considerando la interacción en las tres fases de la actividad.

Material

Para esta investigación hemos usado el robot Bee-Bot y una cuadrícula específica diseñada por las autoras. El Bee-Bot es un robot que realiza desplazamientos de 15 cm de longitud, con giros de 90° sobre su eje de referencia y es capaz de almacenar un gran número de instrucciones. Consta de varios botones de comandos: avanzar, retroceder, girar a la derecha, girar a la izquierda, comenzar a andar, detenerse, y borrar las instrucciones dadas. Su diseño permite su uso con niñas y niños de edades tempranas, y su aspecto, de abeja, resulta atractivo y motivador en este contexto.

Análisis de los argumentos y de las dificultades

Para el análisis, tanto de los argumentos como de las dificultades, se han tenido en cuenta tres factores implicados en la realización de la tarea: las características del robot con el que se realiza, las características del desarrollo cognitivo descritas por Piaget (Piaget e Inhelder, 1982) y las dimensiones del pensamiento computacional.

Respecto a las características del robot, tienen relevancia tanto las referentes a su construcción, el hecho de que al presionar las flechas de giro se produzca una rotación sobre su eje vertical y no un desplazamiento, como las relativas al borrado de la memoria o el inicio de la acción, más relacionadas con la destreza de los niños y las niñas.

En cuanto al desarrollo cognitivo, se observan características como la irreversibilidad –falta de conciencia de que los procesos tienen un proceso inverso–, el estaticismo –observación de la situación en sus partes y no como un todo–, la centración –capacidad para observar un aspecto concreto de la situación obviando el resto– o el razonamiento transductivo.

Las dimensiones del pensamiento computacional consideradas son la secuencia, la correspondencia acción-instrucción y la depuración (descritas en el apartado anterior).

Diseño, secuenciación y proceso de las actividades

Para el diseño de la secuencia didáctica hemos tenido en cuenta los principios establecidos por la Enseñanza Matemática Realista (Freudenthal, 1991). Los robots son protagonistas en todas las actividades, lo cual pretende aumentar la motivación en los niños y en las niñas, hecho fundamental en la enseñanza-aprendizaje (Pintrich y Schunk, 2001). Tomando estos como punto de partida, se plantean varios problemas o retos en diferentes fases con distintos grados de dificultad, siendo doce en total las sesiones diseñadas para cada estudiante:

Secuenciación de las fases

El desarrollo de la propuesta se lleva a cabo en tres fases. En cada una de ellas y en cada sesión, hay momentos de motivación, otros de exploración, dejando hacer al alumnado y también de evaluación:



<https://doi.org/10.15359/ree.26-2.15>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

- **Fase 1.** Presentación del robot e interacción libre. Resolución de pequeños problemas o retos.
- **Fase 2.** Identificación e interpretación de pequeños programas. Secuenciación de pasos para la elaboración de algoritmos.
- **Fase 3.** Programación y registro de pequeños algoritmos en una trama. Codificación y ejecución de programas para la resolución de problemas sin trama.

A través del ensayo-error y autoevaluación y reflexión se pretende que el alumnado reconduzca sus resultados, pero todas las actividades están diseñadas de modo que se cumpla el principio de actividad auto-estructurante (Zimmerman, 1986).

Descripción de la implementación

Cada una de las fases se organiza en cuatro sesiones de 30 minutos. En determinados momentos se trabaja individualmente o por parejas, y en otros el grupo-aula se divide en equipos de trabajo con 4 o 5 integrantes cada uno. En este apartado describimos la implementación de cada una de las fases y sus características más importantes.

Fase 1. Presentación del robot e interacción libre. Resolución de pequeños problemas o retos.

Consta de 4 sesiones, en cada una de las cuales se pretende motivar a través de la acción del niño o la niña con el robot. En las dos primeras sesiones, se deja al alumnado los robots e interactuar en parejas libremente por el espacio sin ninguna trama y sin establecer ninguna orden. En las dos sesiones siguientes se les sugiere alguna interacción. La finalidad es que exploren libremente y que observen los movimientos, desplazamientos, giros que realiza el robot, así como observar qué interacciones surgen en función del tipo de juego que se da.

En esta fase de juego libre, primordial en el desarrollo de los niños y las niñas (Edo et al., 2016), surgen diferentes tipos de interacciones, que podríamos clasificar según Sáinz y Argos (1998) en juego en paralelo, juego mixto, juego asociativo y juego cooperativo.

Fase 2. Identificación e interpretación de pequeños programas. Secuenciación de pasos para la elaboración de algoritmos.

En las dos primeras sesiones, se ofrece al alumnado en cuartillas pequeños programas con pictogramas (de dos pasos o tres pasos). Mediante su ejecución observan como su robot alcanza el objetivo. En las dos últimas, se le ofrecen los pictogramas individuales y tienen que combinarlos para que el robot alcance la meta.



Fase 3. Programación y registro de pequeños algoritmos en una trama. Codificación y ejecución de programas para la resolución de problemas sin trama.

En las primeras sesiones se propone al alumnado, individualmente y en pequeño grupo, que resuelva problemas o retos en tramas, de tal modo que cada paso del robot corresponde con una pulsación en el mismo. Se planifican 10 en total, con diferente nivel de dificultad establecido por parte de las investigadoras, siendo el 1º el más sencillo y el último considerado el más difícil.

Todo el alumnado inicia en el 1, y se le plantean los siguientes, hasta que no es capaz de resolver dos consecutivos. La persona docente actúa de guía, animando, apoyando, pero en ningún caso ofreciendo soluciones. A partir del ensayo-error, se pretende que el alumnado llegue al objetivo y se familiarice con la programación secuencial.

Análisis y resultados

Para poder dar respuesta al objetivo, atendiendo al diseño de la propuesta didáctica (en tres fases), centramos nuestro interés en diferentes aspectos de las tres fases de la propuesta realizada. Comenzamos describiendo las dificultades en cada una de las dos primeras fases de la implementación, con ejemplos de conversación que las ilustran, con el fin de identificar las dificultades asociadas a la realización de las tareas y, a continuación, enfocarnos en la argumentación utilizada en la fase uno y tres con el fin de establecer qué argumentos están relacionados con el pensamiento computacional. Los códigos A1, A2, ..., A8 representan una persona distinta cada uno, mientras que la P marca la intervención de la profesora.

Dificultades detectadas durante la implementación mostradas por niños y niñas de 3 años

Fase 1: Presentación de los robots y juego libre

Esta fase de la actividad consiste en la presentación de los robots y juego libre en parejas o grupos pequeños para explorar sus características. Uno de los aspectos que se observan en esta fase es la interacción entre iguales, en la que se pone de manifiesto tanto el distinto nivel madurativo como la capacidad de argumentación. En este apartado describimos las dificultades, posponiendo los aspectos relacionados con la argumentación al siguiente.



<https://doi.org/10.15359/ree.26-2.15>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

La primera dificultad para la gestión de aula surge de las distintas etapas de juego en las que se encuentran los niños y las niñas de 3 años. El paso del juego en paralelo al juego asociativo no está del todo desarrollado o interiorizado en todos los casos lo que provoca que, al establecerse para el juego libre pequeños grupos (en los que había más participantes que robots), las niñas y los niños no interactúen del mismo modo en grupo ni con el robot ni con sus compañeras y compañeros. De hecho, hay casos en los que no se da el juego asociativo, sino que se mantiene un juego paralelo.

Conversación (ver Figura 1):

A1.- Aún no llegó.

A1.-Je, je, je me pilla.

Figura 1: Niños jugando en paralelo con el robot (no interactúan entre ellos)



Nota: Imágenes del archivo de la investigación.

También se aprecia en una de las parejas que no son conscientes de la reversibilidad de los caminos, pues dan diferente número de pasos para ir que los que dan los para volver; como consecuencia no regresan al lugar de partida.

Fase 2: Identificación e interpretación de pequeños programas

En esta segunda fase se introduce la idea de programa como secuencia de pasos que ejecuta, o debe ejecutar, el robot dependiendo de las pulsaciones de sus botones que hagamos.

Aparecen dificultades relacionadas con aspectos relacionados con el funcionamiento del robot y otras relacionadas con el desarrollo cognitivo de las personas participantes.

1. Funcionamiento del robot: el manejo y dominio del robot.

El robot tiene unas características que deben conocerse para su buen manejo. Por ejemplo:

- Hay que borrar una programación previa para poner la nueva, hecho no conocido por las niñas y los niños previamente.

A2.- (pulsas dos veces y hacia adelante, quedando a un paso de llegar...)

P.- ¿Y ahora?

A2.- *La* falta una más (es consciente de cuál es la solución, pero no es capaz de resolverlo correctamente por la dificultad que tiene de no borrar antes de plantear la interacción).

P.- Pues venga dale otra vez.

- Hay que pulsar la tecla de acción para que el robot ejecute las instrucciones.

A3.- (Le da a las flechas... pero no le da a la tecla de avanzar...). No se mueve.

P.- ¿Qué tienes que hacer para que avance?, ¿a dónde le tienes que dar?, a la tecla azul.

A3.- (pulsas la tecla azul y el robot avanza).

- El robot gira, pero en el giro no hay avance y eso les provoca un conflicto.

Figura 2: Estudiante resolviendo un problema



Nota: Imágenes del archivo de la investigación.

La niña presiona el botón de giro varias veces para tratar de que el robot alcance el objetivo, porque no es consciente de que el robot no avanza en esa dirección (Figura 2). Cuando se le pide que ejecute el recorrido, paso a paso se da cuenta de que tiene que plantear un giro y después avanzar para conseguir resolver el problema.

2. *Respecto a la dimensión secuencia del pensamiento computacional, se plantea la dificultad de que el número de pasos que son capaces de programar seguidos son solo 2 o 3, por lo que no son capaces de describir el itinerario en una única fase.*

P.- Ohhhh... otra vez, vamos a ponerlo otra vez en el punto de partida.

Vamos a probar otra vez, porque no se tiene que pasar solamente tiene que llegar a oler las flores, ¿vale? Probamos, a ver A4, ¿qué quieres que haga?

A4.- Mira el robot, se pone detrás... realiza paso a paso... y cuando llega...

P.- ¿Ha llegado?

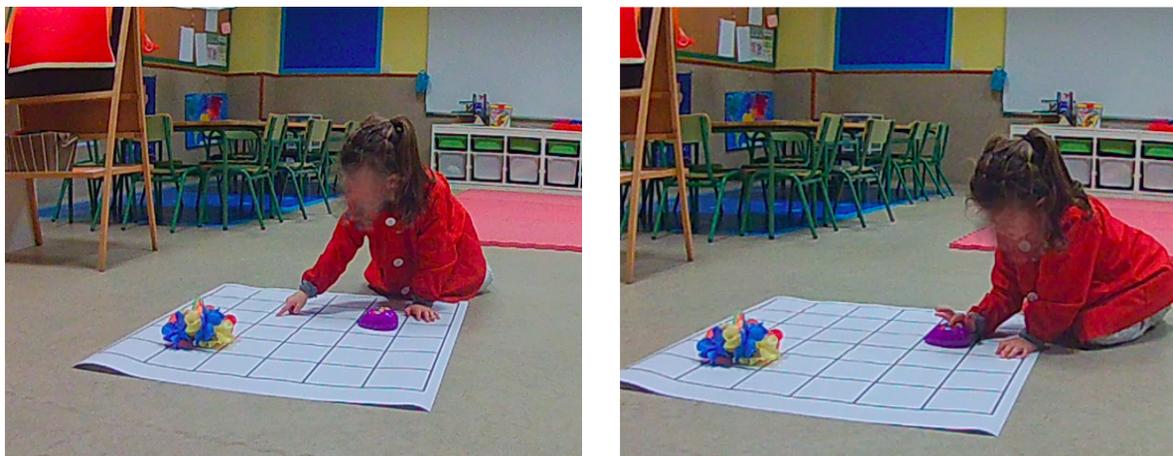
A4.- Sí.

P.- Biennnn

(llega por azar sin ser consciente del proceso).

3. *Respecto a la lateralidad, aparecen dificultades asociadas al cambio de la ubicación del sistema de referencia.*

Figura 3: Estudiante A5 resolviendo un problema



Nota: Imágenes del archivo de la investigación.

P.- ¿A dónde quiere ir?

A5.- Señala para ahí (Figura 3a) ...

P.- Vale... entonces, ¿qué tiene que hacer?

A5.- Señala la flecha.

P.- Vale, pues dale.

<https://doi.org/10.15359/ree.26-2.15>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Se mueve y se sitúa detrás del robot, con la misma orientación y pulsa (Figura 3b). Ella es consciente del movimiento y del sitio a donde quiere conducir al robot; hay intencionalidad en las instrucciones para que el robot realice el recorrido y lo consigue.

Argumentos relacionados con el pensamiento computacional en algunas de las actividades

Mostramos a continuación algunos ejemplos de la argumentación que dan los niños y las niñas en diferentes etapas de las fases uno y tres, empezando por el juego libre y luego en la resolución de pequeños retos sobre una trama mediante la programación de algoritmos.

Fase 1: Juego libre

En el transcurso de esta fase, no solamente se logra por parte de los niños y las niñas la dimensión secuencia, sino que alcanzan la segunda dimensión del pensamiento computacional, la relación entre acción e instrucción.

Cuando el juego libre se convierte en juego asociativo, se produce un momento de aprendizaje cooperativo entre iguales por medio de los argumentos que exponen, dando lugar a una anticipación mental a lo que va a suceder que precede al comienzo del pensamiento computacional, manejo e interiorización de las órdenes que hay que dar al robot para poder colaborar en el juego y que cada infante interactúe con su robot, sin interrumpir ni interferir en el juego de los demás, sino más bien colaborando.

Esto es, cuando el juego es libre y no asociativo no hay una finalidad, por tanto, no aparece un momento didáctico que lleve a fomentar argumentos asociados a la programación; cuando el juego es asociativo, al haber una intencionalidad cooperativa hay una anticipación mental de hechos, y un comienzo de pensamiento computacional. Además, cuando el juego es dramático permite dar significatividad, así como el hecho de haber trabajado esta anticipación sirve como retroalimentación y permite dar solución a problemas que puedan surgir en otros contextos.

Para ilustrar estas interacciones, a continuación, se muestra la transcripción del desarrollo de alguna de las sesiones:

A6.- Borra

A7.- No, ahí no, aquí (señalando la flecha de la izquierda).

A6.- Carmela se va...

A7.- Pon los pies.

A6.- Ahí y “go”, llegó... bravo (y aplaude).

...

A8.- Carmela (un robot) se iba a otro país.

A3.- Y así se hicieron amigas.

...

Ya en esta primera interacción se aprecia que empiezan a argumentar acerca de las diferentes instrucciones que se le pueden dar al robot, debido a la anticipación en el juego.

Fase 3: Programación de algoritmos en una trama

En la resolución de los primeros retos aparece la necesidad de una conexión entre la estimación de distancias y los primeros pasos de la programación secuenciada a través de la prueba y error, lo que muestra claramente un manejo conciso de la dimensión depuración del pensamiento computacional. A continuación, mostramos un ejemplo de resolución de problema por un niño cuyo objetivo es hacer llegar al robot (llamado Lorenzo) a oler las flores.

P.- Lorenzo quiere ir a oler las flores, entonces vamos a ver qué le tenemos que decir a Lorenzo para que llegue a oler las flores. Lorenzo está aquí y las flores están ahí. Entonces...

A2.- Tiene que ir hasta ahí (señala las flores).

P.- ¿Entonces?

A2.- Darle a la flecha.

P.- Vale, dale.

A2.- Presiona y se lleva las flores por delante.

P.- Uyyy ¿qué ha pasado?

A2.- Se llevó las flores.

<https://doi.org/10.15359/ree.26-2.15>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

P.- Vamos a intentarlo otra vez, pero que huela las flores, solo que huela las flores, no que se las lleve.

A2.- Presiona dos veces para delante y se vuelve a llevar las flores

P.- Se lo lleva a cuestras. Vamos a intentarlo otra vez

A2.- Presiona dos veces y se vuelve a llevar las flores.

P.- A ver, pensemos A1. Quiero que llegue a las flores pero que no se las coma.

A2.- Presiona una sola vez y llega a oler.

P.- Muy bien. Ahora un poco más difícil.

(Problema 2)

A2.- Presiona dos veces y se queda a uno de llegar.

P.- ¿Qué ha pasado?

A2.- Que aún no fue muy para adelante.

P.- Vale, y ¿qué tienes que hacer ahora?

A2.- Darle más para adelante.

P.- Pues dale.

A2.- Presiona 3 veces para adelante y se lleva las flores.

P.- Uyy que se ha caído, vamos a intentarlo de nuevo. Piensa bien, cuantas veces le tienes que dar para que huela las flores y no las tire.

A2.- Presiona 4 veces y empuja flores.

P.- Ohhh, ¡se ha pasado!, ¿cuántas veces le has dado ahora?

A2.- Muchas.

P.- Ahh, pues ahora míralo.

A2.- Presiona dos veces y no llega.

P.- ¿Y ahora?

A2.- Falta.

P.- Pues dale.

...

En un primer momento se observa la dificultad del niño con la estimación de la relación entre la distancia a las flores y el número de pasos que le tiene que indicar al robot para que este se mueva; no obstante, mediante la prueba y el error se produce un aprendizaje y se consigue el objetivo. En el primer problema, la resolución llega disminuyendo el número de pasos, mientras que, en el segundo, trata de resolverlo reiterando la acción del robot para posteriormente, a sugerencia de la profesora, programar el recorrido completo de una sola vez. En este segundo caso se ve como de modo no formal el niño se aproxima a conceptos básicos de la programación secuencial con los bucles de repetición y de condición; pues, dado que el robot no llega con la primera orden, tiene que cambiar el número de pasos que le indica para llegar a la meta.

Discusión y conclusiones

Como hemos visto a lo largo de este trabajo, el trabajo con robots educativos es posible en edades tempranas y, en consecuencia, el pensamiento computacional se puede iniciar en educación infantil. Es más, como se señala en investigaciones previas, consideramos que el uso de estos robots fomenta el interés por los niños y las niñas en la resolución de los problemas planteados (Alsina y Acosta Inchaustegui, 2018; Diago Nebot et al., 2018; García Valiente y Navarro Montaña, 2017; Pinto Salamanca et al., 2010; Sullivan y Bers, 2016) y abre las puertas a establecer conexiones con otras áreas de conocimiento, fundamentales para el aprendizaje significativo de la matemática en esta etapa educativa (Novo et al., 2017).

Aun así, tomando como base el estudio de García-Valcárcel-Muñoz-Repiso y Caballero-González (2019) en el que se muestra que el uso de robots favorece el desarrollo de las tres dimensiones del pensamiento computacional, esta investigación da un paso más en la determinación de cuándo se presenta este avance y su porqué.



<https://doi.org/10.15359/ree.26-2.15>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

De hecho, gracias al estudio de casos, se ha podido determinar la existencia clara de dos tipos de estudiantes: quienes tienen conciencia de lo que están haciendo y quienes no. El primer tipo, como el sujeto A2, gracias a la reflexión da con la solución correcta tras corregir sus soluciones previas parcialmente erróneas, por lo que se ve un claro manejo de las dimensiones acción-instrucción y depuración del pensamiento computacional. El segundo tipo de infante no tiene conciencia de la conexión existente entre las órdenes dadas al robot y los movimientos que realiza; llega a la solución correcta por puro azar tras la ejecución de varias órdenes, lo que nos permite concluir que se encuentra en una primera dimensión computacional, la secuencia. Aunque en ambos casos se consigue llegar al objetivo, solamente se produce un aprendizaje significativo en aquellas personas que han conseguido resolver el problema mediante la reflexión (prueba y error) y conexión entre la solución teórica y el movimiento originado en el robot, dando muestras del desarrollo del pensamiento computacional y, por tanto, estableciendo los primeros pasos para una alfabetización computacional. Esto nos lleva a concluir que la introducción temprana de este tipo de herramientas (los robots) es viable y coherente con el desarrollo de contextos educativos STEM (como recomienda [McClure et al., 2017](#)).

Finalmente, es posible destacar que el uso de los robots educativos se evidencia como una herramienta válida para fomentar el desarrollo cognitivo de los niños y las niñas en la fase preoperacional, establecida por [Piaget \(1962\)](#), por medio de la resolución de los retos. Así, a lo largo de las fases hemos comprobado como:

- En el juego libre, enmarcado en la primera etapa de la primera fase, se fomenta el diálogo entre iguales que permite la retroalimentación constante y el aprendizaje por parte de los niños y las niñas. Esto se produce cuando han alcanzado la fase de juego asociativo y no solo en paralelo. Para facilitar la transición de una a otra fase de juego, es recomendable el planteamiento de este tipo de situaciones en que la interacción se fomenta.
- Para realizar un primer acercamiento a conceptos tan importantes dentro de la programación computacional como la repetición o la repetición condicionada, es conveniente plantear pequeños retos en los que se establezcan problemas de la vida cotidiana en los que se pueda trabajar de modo no formal, a través de la experimentación y la prueba y error, dicho concepto. Fase que se dará acorde al desarrollo cognitivo del infante.

Como limitaciones del estudio, si se pretende trasladar esta propuesta didáctica a la realidad de aula, debemos mencionar que a la hora de aplicar esta actividad se ha contado con personal suficiente para poder llevarla a cabo de modo individual. Esta circunstancia, imprescindible de cara a una recogida de información fidedigna que permita dar respuesta a los objetivos del estudio, no se da siempre en los centros, lo que puede implicar dificultades en la gestión del aula. La primera dificultad va ligada al desarrollo cognitivo de las niñas y los niños, dado que con algunas de las personas participantes la resolución de un problema puede durar

media hora y se pueden producir retrasos en la planificación docente. No obstante, es posible aprovechar la potencialidad de esta propuesta didáctica trabajando en grupos cooperativos, lo que da más opciones de gestión y colaboración.

Independientemente de las limitaciones, consideramos que el proceso aquí detallado da lugar a un diseño metodológico de enseñanza aprendizaje que favorece el desarrollo del pensamiento computacional en edades tempranas (3 años).

Declaración de contribuciones:

Las personas autoras declaran que han contribuido en los siguientes roles: **A. B. A.** contribuyó con la escritura de la versión postulada del artículo; la gestión del proceso investigativo; la obtención de fondos, recursos y apoyo tecnológico y el desarrollo de la investigación. **M. S. S.** contribuyó con la escritura de la versión postulada del artículo; la gestión del proceso investigativo; la obtención de fondos, recursos y apoyo tecnológico y el desarrollo de la investigación. **C. J. G.** contribuyó con la escritura de la versión postulada del artículo; la gestión del proceso investigativo; la obtención de fondos, recursos y apoyo tecnológico y el desarrollo de la investigación.

Referencias

- Alsina, Á. y Acosta Inchaustegui, 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*, 14(52), 218-235. <https://union.fespm.es/index.php/UNION/issue/view/59>
- Bellas, F., Salgado, M., Blanco, T. F. y Duro, R. J. (2019). Robotics in primary school: A realistic mathematics approach. En L. Daniela (Ed.), *Smart Learning with Educational Robotics. Using robots to scaffold learning outcomes* (pp.149-182). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19913-5_6
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R. y 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>
- Botero Espinosa, J. (2018). *Educación STEM. Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. STEM Educación Colombia.
- Bravo Sánchez, F. Á. y Forero Guzmán, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 120-136. <https://doi.org/10.14201/eks.9002>



<https://doi.org/10.15359/ree.26-2.15>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

- Diago Nebot, P. D., Arnau Vera, D. y González-Calero Somoza, J. A. (2018). Elementos de resolución de problemas en primeras edades escolares con Bee-bot. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 7(1), 12-41. <https://doi.org/10.24197/edmain.1.2018.12-41>
- Edo, M., Blanch, S., y Anton, M. (Coords.). (2016). *El juego en la primera infancia*. Octaedro.
- Ferrada, C., Díaz-Levicoy, D., Salgado-Orellana, N. y Parraguez, R. (2019). Propuesta de actividades STEM con Bee-bot en matemática. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 8(1), 33-43. <https://doi.org/10.24197/edmain.1.2019.33-43>
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting mathematics education. China Lectures*. Springer.
- García Valiente, M. y Navarro Montaña, M. J. (2017). Robótica para todos en educación infantil. *Paideia. Revista de Educación*, (60), 81-104. <http://www.revistapaideia.cl/index.php/PAIDEIA/article/view/164/126>
- García-Valcárcel-Muñoz-Repiso, A. y Caballero-González, Y.-A. (2019). Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en educación infantil. *Comunicar*, 27(59), 63-72. <https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>
- Gaudiello, I. y Zibetti, E. (2016). Learning robotics, with robotics, by robotics: Educational robotics (Vol. 3). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119335740>
- Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación de Profesorado. (2018). *Programación, robótica y pensamiento computacional en el aula. Situación en España, enero 2018*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. <https://bit.ly/2UqTtRh>
- Freeman, A., Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A., y Hall Giesinger, C. (2017). *Resumen Informe Horizon 2017. Educación primaria y secundaria*. INTEF. <https://bit.ly/2vF55aY>
- McClure, E. R., Guernsey, L., Clements, D. H., Bales, S. N., Nichols, J., Kendall-Taylor, N. y Levine, M. H. (2017). *STEM starts early: Grounding science, technology, engineering, and math education in early childhood*. The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.
- Novo, M. L., Alsina, Á., Marbán, J.-M y Berciano, A. (2017). Inteligencia conectiva para la educación matemática infantil. *Comunicar*, 25(52), 29-39. <https://doi.org/10.3916/C52-2017-03>
- Odorico, A. (2004). Marco teórico para una robótica pedagógica. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 1(3), 34-46. <http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/010103/A4oct2004.pdf>
- Organisation for Economic Cooperation and Development. (2015). *Students, computers and learning: Making the connection*. PISA, OECD Publishing. <https://www.oecd.org/fr/publications/students-computers-and-learning-9789264239555-en.htm>

- Papert, S. (1995). *La máquina de los niños. Replanteársela educación en la era de los ordenadores*. Paidós Ibérica Ediciones.
- Piaget, J. (1962). *Play, dreams and imitation in childhood*. Norton.
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1982). *Psicología del niño* (11.ª ed.). Morata.
- Pinto Salamanca, M. L., Barrera Lombana, N. y Pérez Holguín, W. J. (2010). Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. *I+D Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 10(1), 15-23. https://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/912
- Pintrich, D. R. y Schunk, D. H. (2001). *Motivation in education. Theory, research, and applications* (2.ª ed.). Pearson Education.
- Ruiz-Velasco Sánchez, E. (2007). *Educatrónica. Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Ediciones Díaz de Santos.
- Sáinz, M. C. y Argos, J. (1998). *Educación infantil: Contenidos, procesos y experiencias*. Narcea.
- Scaradozzi, D., Sorbi, L., Pedale, A., Valzano, M. y Vergine, C. (2015). Teaching robotics at the primary school: an innovative approach. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 174, 3838-3846. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1122>
- Shute, V. J., Sun, C. y Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Sullivan, A. y 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. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Zimmerman, B. J. (1986). Becoming a self-regulated learner: Which are the key subprocesses? *Contemporary Educational Psychology*, 11(4), 307-313. [https://doi.org/10.1016/0361-476X\(86\)90027-5](https://doi.org/10.1016/0361-476X(86)90027-5)

