



Pensamiento computacional en la resolución de problemas contextualizados en un cuento en Educación Infantil

Marta Terroba Acha

Universidad de La Rioja, Logroño, España, materra@unirioja.es

Juan Miguel Ribera Puchades

Universidad de La Rioja, Logroño, España, juan-miguel.ribera@unirioja.es

Daniel Lapresa Ajamil

Universidad de La Rioja, Logroño, España, daniel.lapresa@unirioja.es

Fecha de recepción: 08-11-2020

Fecha de aceptación: 30-12-2020

Fecha de publicación: 06-01-2021

RESUMEN

En los últimos años la programación informática y la robótica educativa se han convertido en una realidad presente en las aulas. A pesar de que cada vez se incorporan nuevos trabajos sobre la introducción del pensamiento computacional en Educación Infantil, existe todavía un vacío que hace necesario convertirlo en un objeto de estudio. En Educación Infantil, el desarrollo del pensamiento computacional contribuye al desarrollo cognitivo del alumnado y fomenta un acrecentamiento en las habilidades de aprendizaje. El presente trabajo de investigación se fundamenta en la resolución de problemas matemáticos, argumentados en un contexto cercano a los alumnos de Educación Infantil, próximos a sus intereses y motivaciones. Por medio de un robot de suelo, con mandos de orientación avanzada, Next 1.0, se pretende introducir a los alumnos en el lenguaje de la robótica y en el pensamiento computacional. A través de la afectividad, se busca generar experiencias de flujo que motivan a los estudiantes en la búsqueda de soluciones a los planteamientos propuestos.

Palabras clave: pensamiento computacional, robótica educativa, resolución de problemas matemáticos, orientación espacial, experiencias de flujo.

Computational thinking in problem solving contextualized in a story in Early Childhood Education

ABSTRACT

Over the last years, educational computing and robotics have become a reality in the classroom context. Computational thinking has become a subject worth of study, mainly due to the growing number of papers around its introduction in Early Years Education. In Infant Education, the development of computational thinking contributes to the student's cognitive development and fosters the learning skills. This present research project is based on the resolution of a sequence of mathematical problems set in a context familiar to Infant Education students, which is close to their interests and motivation. By means of a floor robot with advanced remote control, Next 1.0., it is intended to initiate the students in the language of robotics and computational thinking. Through affectivity, experiences which motivate students to search for solutions to the approaches proposed it is intended to be generated.

Key words: computational thinking, educational robotics, resolution of mathematical problems, spatial orientation, flow experiences.

1. Introducción

Los especialistas en educación de todos los niveles educativos plantean la necesidad de incluir el pensamiento computacional en los currículos escolares fundamentándose en la enorme potencialidad que tiene para el aprendizaje de otros saberes (Zapata-Ros, 2015). Jeannette Wing publicó en el año 2006 un artículo titulado *Computational thinking* en el que destaca la importancia de la inclusión de esta competencia en el proceso formativo de los escolares, debido a que con ello se contribuye al aprendizaje integrado de todas las disciplinas científicas: ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, también conocidas como STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

Las escuelas de hoy en día están dotadas de recursos educativos y tecnológicos que posibilitan la introducción de nociones de pensamiento computacional de un modo transversal a la programación didáctica. El pensamiento computacional y la robótica se convierten en instrumentos facilitadores de nuevos conocimientos que favorecen aprendizajes significativos y globalizados. "El pensamiento computacional implica resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, basándose en los conceptos fundamentales de la ciencia de la computación" (Wing, 2006, p.33). Se aprovecha la curiosidad que genera en los infantes para incluir conceptos vinculados a la computación, como es el caso del empleo de algoritmos o de la representación de una secuencia de factores, gracias a los cuales adquieren destrezas que ayudan a los menores a efectuar un mejor análisis y resolución de problemas.

En Educación Infantil, etapa en la que se fundamenta la experiencia desarrollada, se introduce el pensamiento algorítmico por medio de robots educativos de direccionalidad programada que cada vez están más presentes en las aulas. Existe la posibilidad del uso de tarjetas de dirección, en el manejo de estos robots, con la finalidad de propiciar la realización de un diseño previo del camino que el robot debe recorrer y, de este modo, servir de guía a los aprendices en la programación de la secuencia. Uno de los propósitos de esta experimentación es realizar un análisis del empleo de dichas tarjetas y los posibles beneficios que se derivan de su uso. Aprovechando que el centro escolar en el que se desarrolla la experiencia cuenta con robots educativos se plantea experimentar y realizar diversas actividades para llevar a cabo una trayectoria de resolución de problemas basada en el pensamiento computacional. El pensamiento computacional se convierte así en una competencia al servicio de otros conocimientos y contribuye de manera eficaz a la configuración global del pensamiento.

Diago et al. (2018) sostienen que, en las primeras etapas educativas, cada vez es más frecuente encontrar propuestas pedagógicas que posibiliten el inicio del alumnado en estructuras secuenciadas de programación, enfocadas en el pensamiento computacional. Estos autores han llevado a cabo, de modo exploratorio, estudios que se basan en resolución de problemas con robots educativos en la etapa infantil y analizan la capacidad de los escolares de esta primera etapa educativa para secuenciar las órdenes que se necesitan para realizar un recorrido con un robot. La experiencia descrita parte de dicha capacidad y tiene en cuenta trabajos como los de Jiménez-Gestal, Berciano y Salgado (2019) que recalcan la importancia en la adquisición de los conocimientos que los infantes adquieren en el entorno real, lo que provoca un aprendizaje significativo de los conocimientos en general y de las matemáticas en particular.

A diferencia de otros estudios, se propone una secuencia de retos alcanzables, pero de complejidad creciente, con el fin de generar interés y autoestima, que suscite la generación de experiencias de flujo. Gran cantidad de investigadores han aplicado en diversos campos, incluidos en el de la educación, la teoría de flujo introducida por Csikszentmihalyi (1975). Las convicciones que las personas poseen sobre ellos mismos y relativas a las matemáticas, la disposición hacia su aprendizaje, el interés con el que se enfrentan a las tareas y las emociones que florecen al realizarlas, son cruciales en el proceso de aprendizaje (Montoro y Gil, 2011).

A través de un cuento y sus protagonistas, se pretende trasladar a los escolares a un mundo mágico en el que resolver problemas matemáticos, de dificultad creciente, enmarcados dentro de una trayectoria hipotética de aprendizaje (Simon, 1995). La utilización de un robot de suelo de direccionalidad programada introducirá al alumnado en el pensamiento computacional de un modo lúdico y divertido.

Los objetivos planteados para este estudio basado en la resolución de problemas matemáticos, utilizando un robot de direccionalidad funcional como herramienta auto evaluadora del proceso, son: analizar el proceso de resolución de problemas matemáticos en Educación Infantil mediante el uso de pensamiento computacional y estudiar el uso de las tarjetas de dirección para la resolución de los problemas planteados.

2. Marco Teórico

El currículo del segundo ciclo de Educación Infantil establece la importancia de la interacción de los infantes con el medio y con sus iguales. Gracias a estas acciones recíprocas, se favorece el desarrollo del pensamiento, preparando a los niños para pensar y para aprender. Van construyendo sus aprendizajes mediante el análisis y evaluación de sus propios razonamientos, la capacidad de elección entre diversas alternativas con el objetivo de solucionar una cuestión, la habilidad para resolver problemas, reconociendo las dificultades que entraña una tarea, recopilando la información necesaria y eligiendo la mejor alternativa para su solución, la utilización de los propios procesos de aprendizaje basados en la experiencia para adquirir conocimiento, etc., que constituyen las bases de los aprendizajes futuros (Real Decreto 1630/2006).

En la actualidad, la educación matemática en la etapa infantil, atendiendo a Castro y Castro (2016), es la formación que se da al alumnado con el objetivo de hacerlos competentes matemáticamente. Ser competente matemáticamente implica la adquisición de ciertas destrezas y habilidades como "establecer conexiones, comunicar pensamiento matemático, razonar sobre las acciones matemáticas, argumentar y justificar los resultados, representar las ideas matemáticas, resolver problemas y hacer generalizaciones". (p.22)

Las matemáticas constituyen una ciencia estrechamente relacionada con el raciocinio y alcanzar un nivel competencial en dicha materia es un proceso de construcción que requiere del intelecto. Pero se debe tener en cuenta que las emociones e intereses del alumnado influye en su aprendizaje, no se debe olvidar que el alumnado no es una máquina de procesar información, los aspectos afectivos juegan un papel fundamental en el proceso de enseñanza y aprendizaje. El papel del profesor, la metodología empleada, el clima generado en el aula, la contextualización de los aprendizajes, entre otros, influyen en gran medida en el desarrollo actitudinal de los escolares hacia la asignatura. Es necesario desarrollar emociones positivas hacia esta ciencia para lograr aprendizajes significativos (Alsina, 2006).

Las convicciones que las personas poseen sobre ellos mismos y relativas a las matemáticas, la disposición hacia su aprendizaje, el interés con el que se enfrentan a las tareas y las emociones que florecen al realizarlas, son cruciales en el proceso de aprendizaje (Montoro y Gil, 2011). Se produce una estrecha relación entre la calidad de las experiencias obtenidas con la implicación en las tareas y el interés por realizarla nuevamente (Nakamura y Csikszentmihalyi, 2002), es lo que dichos autores denominan teoría del flujo. Los estados de flujo representan momentos de máxima concentración de una persona en una labor que realiza, en donde esta se aleja del mundo exterior, se olvida de sus preocupaciones y de sí mismo, y a veces, pierde la conciencia del tiempo que lleva acometiéndola. Este estado, le proporciona una sensación de control de la situación y de ausencia de sacrificio para abordar el trabajo. Esto origina que el individuo sienta una enorme satisfacción intrínseca que propicia la realización reiterada de la actividad y así vivir nuevamente la experiencia (Reeve, 1994). Como señalan Charles et al. (1987), en

muchas ocasiones, el éxito en la resolución de los problemas radica en gran parte en la motivación, atracción y seguridad del estudiante en sí mismo.

Además de fomentar el interés y curiosidad del alumnado hay autores como Britz y Richard (1992) que apuntan la importancia de impulsar una enseñanza que promueva la resolución de problemas en etapas tempranas, anteriores a la escolarización, ya que de este modo se facilitará la comprensión, el talento para seleccionar las tácticas adecuadas y el intercambio de comunicación entre iguales. Debido a ello, la agudeza matemática surgiría de modo natural al implicar al alumnado de etapas precoces en la resolución de problemas.

Es innegable que el desarrollo tecnológico y su viabilidad de incorporación a todos los niveles han originado un incremento notable del empleo de la tecnología en las aulas escolares. La educación matemática no se queda al margen, ya que se ha visto envuelta por múltiples entornos tecnológicos adecuados a las distintas etapas educativas. Estos entornos, bien robots o *softwares* educativos, precisan de programas y lenguajes de programación específicos (Pérez y Diago, 2018).

Se presentan a continuación unas consideraciones sobre la resolución de problemas con el punto de mira puesto en los escolares de Educación Infantil. Se profundiza en la resolución de problemas en los que actúa el pensamiento computacional.

2.1. Resolución de problemas en Educación Infantil

La resolución de problemas se ha posicionado en un lugar relevante, debido a la envergadura que tiene para el desarrollo competencial para la vida (English y Gainsburg, 2016; Rico, 2007). Diversos documentos nacionales como internacionales destacan la importancia del tratamiento de esta competencia (Informe Cockcroft, 1982; PISA 2006). El estudio PISA (*Programme for International Student Assessment*) tiene como finalidad indicar el grado de preparación de los estudiantes en los sistemas educativos actuales, para desenvolverse de modo activo en la sociedad. Uno de los focos lo sitúa en la competencia matemática. El dominio de las matemáticas estudiado en el proyecto PISA se denomina competencia matemática, que se emplea para referirse a las capacidades de los alumnos para el análisis, razonamiento y comunicación efectiva de resultados al enfrentarse a problemas matemáticos en diversas situaciones (Rico, 2006). Además de entender los problemas, Santos-Trigo (2014) considera necesario encontrar maneras diversas que permitan interpretar, simbolizar y descubrir soluciones a las cuestiones planteadas, que permitan debatir los resultados hallados.

Para determinar las cualidades que caracterizan un problema debemos partir de su conceptualización. Hay una definición que, como señala Piñeiro et al. (2017), está sobradamente reconocida sobre lo que se entiende por problema y es la que relaciona esta construcción teórica con unas circunstancias que comprometen a una persona en una secuencia de procedimientos encaminados a su resolución, los cuales no están determinados previamente. Aún a sabiendas de que lograr una caracterización es un acto complicado, con el fin de esclarecer las cualidades peculiares que lo determinan y, partiendo de las cuatro fases del modelo de resolución de problemas propuesto por Pólya (1945) se ha realizado un emparejamiento con las características que Piñeiro et al. (2017) consideran que presentan los problemas en la etapa de Educación Infantil. Dichos autores, a su vez, señalan seis particularidades basándose en las determinaciones realizadas al respecto por el NCTM (2003), Van de Walle (2003), Yee (2013) y Lesh et al. (2013).

- Fase primera: la comprensión del problema. Pólya (1945) considera que es un requisito indispensable para alcanzar la resolución. Es imprescindible que el alumnado reconozca que existe un problema y quiera resolverlo. Es necesario que los alumnos descubran que hay una cuestión a la que buscar una solución. Piñeiro et al. (2017) señalan, como primera característica que, el problema planteado debe de poder ser comprendido por los escolares, tiene que ser significativo para la mayoría del alumnado,

de este modo llegarán al convencimiento de su capacidad de resolución e identificarán cuándo han logrado la solución. Como segunda característica reseñan que es necesario partir del interés de los escolares para provocar su curiosidad y, de este modo, potenciar la necesidad de la búsqueda de solución. Los medios usados para llevar a cabo esta motivación son muy diversos y dependen, en gran medida, de la edad y de los intereses particulares de los infantes. Entre los que se pueden considerar las diversas representaciones del problema y los variados requerimientos de resolución, tanto manipulativos como transformadores de materiales. Unido a lo anterior, se englobaría una tercera característica que se denomina contextualización. El problema debe contextualizarse en situaciones de la vida real del alumnado. Esto no implica exclusivamente circunstancias tal y como las entienden los adultos, sino que incluyen relatos, anécdotas, aventuras, entre otros, cercanos a la imaginación infantil.

- Fase segunda: la planificación. Según Pólya (1945) esta fase consiste en la trama de un plan de acción, que lleve a la aplicación de determinadas estrategias, encaminadas a solucionar el problema cuestionado. Para lograrlo es importante establecer metas a largo y corto plazo, secuenciar las acciones a llevar a cabo, de un modo estructurado. Piñeiro et al. (2017) señalan en relación con la planificación que el problema tiene que reconocer y registrar el desarrollo de nociones matemáticas, por medio del razonamiento, empleo de técnicas y actividades destinadas a su resolución, así como diferentes fases de experimentación y argumentación independientes de cualquier procedimiento algorítmico. Los heurísticos empleados por el alumnado aportan información relevante sobre el proceso de planificación donde se observa su capacidad de crear, diseñar e idear estrategias de resolución.
- Fase tercera: la ejecución. Pólya (1945) la define como un proceso en el que se ejecutan las acciones para la consecución de las metas planteadas. Según Piñeiro et al. (2017), el problema tiene que presentar diferentes grados de solución. Los escolares del primer nivel de Educación Infantil muestran una mayor impulsividad en la ejecución de las acciones planificadas para la resolución de los retos que los más mayores de esta etapa educativa.
- Fase cuarta: la verificación. Pólya (1945) establece esta fase como la última del modelo de resolución de problemas. Consiste en la evaluación tanto de las actuaciones llevadas a cabo (análisis de los datos, cálculos realizados, etc.), como de los resultados obtenidos con la ejecución del plan (precisión, coherencia con el enunciado, etc.). Del mismo modo Piñeiro et al. (2017) señalan que la estructura del problema matemático tiene que ser generalizable a situaciones variadas con el objetivo de lograr una generalización por parte del alumnado. La utilización de un robot de suelo con direccionalidad asistida permite llevar a cabo una autoevaluación del proceso, haciendo al alumnado consciente del momento en que se ha conseguido encontrar una solución.

Pérez y Diago (2018) consideran que los procesos que intervienen en la resolución de problemas que hacen que el alumnado genere, diseñe y establezca estrategias que le permitan dar solución al problema planteado, sea o no resuelto con éxito, conducen a una consideración del proceso de enseñanza de la resolución de problemas liberado del argumento. Esto nos sitúa según Puig (1996) en el análisis de la "pura resolución de problemas" o como diría Polya en el estudio de la matemática desde un punto de vista heurístico.

Atendiendo al proceso de enseñanza y, teniendo en cuenta las recomendaciones mencionadas en *Principles and Standards for School Mathematics* (NCTM, 2000), es importante que los escolares se expresen de forma clara y utilicen dispositivos de registro y de control en el proceso de resolución de problemas. Dichas competencias metacognitivas forman parte de los cinco niveles de la investigación en la manera de enseñar a resolver problemas por parte de los docentes y en el modo en el que aprenden los escolares: las competencias básicas, la habilidad y pericia de los estudiantes, el control de la planificación y gestión de estrategias, las convicciones e interés y, por último, la praxis (Schoenfeld, 1992). Dicho autor señala la importancia del autocontrol por parte del estudiantado en la resolución de problemas.

En la etapa de Educación Infantil no hay abundantes contenidos de naturaleza matemática para trabajar en el aula y, como indican Diago et al. (2018), a los profesores y profesoras les puede costar introducir en el aula propuestas matemáticas que deriven en problemas para los escolares. Los maestros y maestras que imparten docencia en estas primeras edades, con el propósito de no desanimar al alumnado, en escasas ocasiones proponen problemas ni se exceden en la realización de ejercicios matemáticos. A pesar de ello, en *Principles and Standards for School Mathematics* (NCTM, 2000) se señala la importancia de introducir a los escolares de estos niveles educativos en la resolución de problemas matemáticos. De ahí la consideración de la resolución de problemas como un estándar en el proceso de la construcción de aprendizajes significativos que se precisan para que los estudiantes “hagan matemáticas”. Se hace hincapié en el requisito de hacer consciente al alumnado de que puede haber diversas tácticas o caminos con los que afrontar la resolución de un problema. Es fundamental que los docentes motiven a los infantes a reconocerlas y, particularmente, en la etapa de Educación Infantil, además a razonar, clasificar y establecer comparaciones entre las diferentes estrategias empleadas. Entre las sugerencias que se detallan en (NCTM, 2000), se reitera la necesidad de manifestar en los escolares la exigencia de monitorizar y deliberar sobre el desarrollo de la resolución.

Las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años que avalan los beneficios de la introducción de la programación en la Educación Infantil han ido creciendo exponencialmente, principalmente en lo vinculado con la educación matemática. El planteamiento sentado en el pensamiento computacional favorece el razonamiento matemático y las habilidades y pericia en la resolución de problemas (Diago et al., 2018).

2.2. Pensamiento Computacional a través de la robótica educativa

Actualmente hay una gran demanda de profesionales cualificados en tecnologías de la información. Zapata-Ros (2015) señala que curiosamente en los países desarrollados con alta tasa de paro, quedan vacantes “puestos de trabajo de ingenieros de software, desarrolladores de aplicaciones, documentalistas digitales, por falta de egresados de las escuelas técnicas, por falta de demanda de estos estudios por parte de potenciales alumnos y sobre todo por la falta de personal capacitado” (p. 2). Esto ha suscitado, en los países más sensibilizados con la situación, la necesidad de incluir contenidos curriculares en los sistemas educativos. Para ello es necesario una alfabetización nueva, en contenidos digitales. Debe iniciarse desde las primeras etapas del desarrollo, del mismo modo que se inician, a edades tempranas, el resto de los aprendizajes instrumentales básicos. Esto implicaría iniciar a los alumnos en la realización de actividades de programación en la etapa de Educación Infantil.

Papert (1980) señala que las actividades cognitivas se ven favorecidas con la implantación de programas informáticos, mejorando competencialmente en el desarrollo del pensamiento. El desarrollo computacional desde las primeras edades favorece el desarrollo de habilidades como la representación lógica y relación de ideas. Las investigaciones realizadas en los últimos años sobre los beneficios de la programación en la educación en la etapa infantil han ido creciendo, en especial en lo relacionado con la educación matemática. El enfoque fundamentado en el pensamiento computacional beneficia el razonamiento matemático y las destrezas en la resolución de problemas (Diago et al., 2018).

Diago et al. (2018) o Puig (2018), consideran que las actividades que se dirigen a que el alumnado programe robots educativos empleando procesos de bloques se transforman en problemas típicos, adaptados a sus vivencias, que están preparados para comprender, aunque no dispongan de un método de resolución. El aprendizaje significativo se consigue cuando los estudiantes parten de sus conocimientos previos para adquirir nuevos conocimientos, siguiendo un proceso de reconstrucción de ambas informaciones. Los escolares planifican una serie de acciones que les conducen a la resolución del problema, utilizando para ello diferentes medios, como pueden ser dibujos, signos, códigos reales o inventados para la ocasión, etc., con el objetivo de programar una serie de órdenes para que el robot realice la secuencia diseñada. A nivel matemático, la identificación de las ideas de los escolares podría

considerarse como la realización de un proyecto en pseudocódigo, programado exclusivamente por cada estudiante, con su sistema de codificación personal. Esto conduce a la necesidad de utilizar el mismo lenguaje de programación a la hora de introducir los datos en el robot, por lo que se hace necesario que el alumnado aprenda a comunicarse eficientemente en el ámbito de la tecnología. Sólo de esta manera estaremos seguros de que el robot ejecuta los movimientos que el estudiante quiere que realice.

Si examinamos la definición del denominado Pensamiento Computacional (PC) que utilizó la doctora Wing (2006), lo considera como el desarrollo intelectual que se emplea para plantear problemas y exponer sus resultados de manera que sean representados de modo procesado, bien a través de un ser humano o de un dispositivo tecnológico. Se puede observar que son muchas las estrategias que se pueden asociar a la resolución de problemas, entre las que se encuentran la descomposición, las reflexiones racionales o el planteamiento de algoritmos concurrentes en el mencionado PC. De este modo, se hace factible identificar en el PC un modo de inicio para fomentar la competencia matemática en resolución de problemas. De ahí que haya habido una proliferación de estudios en la última década que exponen las repercusiones que tiene el PC en el desarrollo de competencias de habilidades lógico-matemáticas y de resolución de problemas en los diferentes niveles educativos (Diago et al., 2018; Moreno-León et al. 2017).

Además, introducir actividades de robótica y programación en etapas tempranas se convierte en una pieza esencial para el desarrollo del pensamiento computacional, ya que se considera que el PC se convierte en una competencia clave hacia la mitad del siglo XXI (Wing, 2008).

Por otro lado, el desarrollo de secuencias de procesamiento a través de un robot de suelo de direccionalidad asistida favorece el desarrollo de habilidades relacionadas con la orientación espacial del alumnado. Gestal et al. (2019), consideran que "la interacción con el espacio contextualiza un problema y lo hace real, lo que permite un aprendizaje significativo, con sentido y servicial para otras situaciones" (p. 73).

3. Método

La investigación desarrolla una secuencia de problemas matemáticos con un robot de suelo de direccionalidad programada, en un estudio de caso múltiple (Stake, 2006). La observación ha sido directa (conductas perceptibles) e indirecta (transcripciones de la conducta verbal) (Anguera, Portell, Chacón-Moscoso y Sanduvete-Chaves, 2018) y participante (la maestra participante es la autora principal del trabajo).

El estudio de casos se erige como un método de investigación para analizar la realidad social excelente y constituye la manera más adecuada y natural para llevar a cabo investigaciones desde un punto de vista cualitativo (Latorre et al., 1996).

En el entorno de la investigación cualitativa, el estudio de casos es considerado óptimo para analizar la realidad socioeducativa. Stake (1998, p.15), considera este enfoque como "Estudio de casos naturalista" o "Trabajo de campo de casos en educación".

Conlleva una técnica de investigación que busca analizar el estudio del caso con el propósito de realizar una revisión minuciosa, inteligible, ordenada y sistematizada en profundidad (Rodríguez Gómez et al., 1996).

Stake (1998) estima que los casos que atraen el mundo educativo, son en gran parte las personas y los programas. La investigación llevada a cabo se va a centrar en realizar un análisis discursivo de las respuestas de seis parejas de alumnos/as de Educación Infantil ante siete retos englobados dentro de

una trayectoria de resolución de problemas, con el objeto de estudiar convergencias y divergencias entre casos.

Tal y como se ha detallado en apartados anteriores, el propósito fundamental de esta experimentación es indagar el modo de resolución de problemas matemáticos relacionados con la orientación espacial por parte del alumnado de Educación Infantil, incidiendo en los principales obstáculos con los que se enfrentan y analizando los beneficios posibles que se derivan del empleo de tarjetas de dirección. Dicha finalidad se estudia por medio del uso de un robot de suelo de direccionalidad programada, Next 1.0.

Los resultados obtenidos son fruto de los datos obtenidos a través de las grabaciones en vídeo de las diferentes sesiones en las que las parejas señaladas fueron sometidas a diferentes retos enmarcados dentro de una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente. Las sesiones grabadas en vídeo, han sido transcritas para el análisis del uso de estrategias heurísticas de resolución de problemas por parte de los escolares.

Puesto que parte importante del estudio ha tratado de describir el modo en que los escolares de Educación Infantil se enfrentan a retos matemáticos, la utilización de los recursos disponibles, y la toma de decisiones en la búsqueda de soluciones, se ha considerado necesario que los problemas fueran enfrentados por parejas de escolares. De este modo se producen interacciones entre ellos, explicaciones verbales y razonamientos que aportan información fundamental para dicho estudio exploratorio.

Los requisitos impuestos para la toma de datos incluían las condiciones del espacio (aula de Educación Infantil), la posición de las tarjetas o recursos al alcance del alumnado, la naturaleza de las instrucciones e intervenciones por parte de la mestra investigadora (estas últimas mínimas e imprescindibles para el proceso), la ambientación del aula, así como la confortabilidad durante la resolución. Aspectos todos ellos a tener en cuenta en la toma de datos, tal y como considera Schoenfeld (1985).

3.1. Propuesta de la actividad












Simon (1995) definió la trayectoria de aprendizaje como un itinerario factible en el que los escolares podrían progresar en su aprendizaje. Dicha trayectoria se configura con tres piezas fundamentales: un propósito u objetivo de aprendizaje, una especificación detallada del proceso didáctico y las tareas de enseñanza. Los objetivos de aprendizaje han quedado claramente delimitados en el primer punto del artículo dedicado a la introducción. A continuación, se pasa a detallar el proceso didáctico y las tareas de enseñanza.

Se requiere de dos tableros con cuadrículas sobre las que plantear los problemas en los que Next realice el recorrido. Un tablero de cuadrícula blanca que tiene un área total de 3136 cm², está formado por 16 cuadros de 196cm² cada uno y sobre el tapete se marcarán diferentes caminos para que Next realice los recorridos. Un segundo tablero de cuadrícula sobre paisaje de montañas que tiene las mismas dimensiones que el tapete de cuadrícula blanca. El paisaje dibujado representa un paisaje del cuento sobre el que gira la resolución de problemas matemáticos: "Chivos chivones" de la editorial Kalandraka.

Se precisa de un robot de suelo, Next 1.0, que cuenta con programación direccional en la parte superior. Presenta cuatro botones de movimientos disponibles: arriba, abajo, derecha e izquierda.

Para efectuar la programación del robot, se van a utilizar tarjetas representativas de los movimientos que es capaz de ejecutar. En la Tabla 1 se establece la relación entre los comandos y las tarjetas de dirección, los escolares contarán con un número suficiente de estas últimas para poder establecer la secuencia del recorrido.

Tabla 1. Comandos, instrucciones y tarjetas de dirección

Comando	Instrucción	Tarjeta de dirección
	Con esta flecha Next avanza 14 centímetros	
	Con esta flecha Next retrocede 14 centímetros	
	Esta flecha de giro a la derecha, hace que el robot gire 90 grados hacia la derecha, pero no efectúa ningún desplazamiento	
	Esta flecha de giro a la izquierda, hace que Next gire 90 grados hacia la izquierda, sin efectuar ningún desplazamiento	
	Comienzo de la programación	
	Pausa en el recorrido	
	Parada de la secuencia	

Como paso previo a la trayectoria de resolución de problemas se realizan juegos psicomotores introductorios con las órdenes: hacia adelante, giro a la derecha, giro a la izquierda y hacia atrás. Al ritmo marcado con un pandero, la investigadora da una de las órdenes descritas que los estudiantes realizan motrizmente sobre la cuadrícula en la que se plantean los futuros problemas. La finalidad de esta actividad es la de diagnóstico de las destrezas de orientación espacial en el estudiantado participante en la propuesta, punto de partida para la trayectoria de resolución de problemas planteada.

La trayectoria de resolución de problemas consta de siete problemas, cuatro de ellos con una solución única, otros dos con más de una solución óptima y un último problema, cuyo desenlace es deducir que no hay ningún recorrido posible. El objetivo de este último problema ha sido analizar las reacciones de los/las alumnos/as de Educación Infantil al enfrentarse a un problema que no tiene camino posible.

Las instrucciones de problemas de la trayectoria de resolución de problemas, para el alumnado que dispone de tarjetas de dirección, son las enumeradas a continuación. A los escolares que no tienen tarjetas para la resolución se les omite la parte de instrucción relativa al uso de tarjetas.


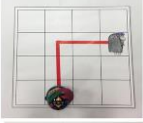





- Problema 1: se realiza con el propio cuerpo en una sesión psicomotora, sobre la cuadrícula marcada en la baldosa, utilizada para las sesiones previas. *"Jugamos a convertirnos en un robot y colocamos las tarjetas que necesitamos para salvar al chivo chivón grande del ogro"*.
- Problema 2: es un problema planteado sobre una cuadrícula blanca, en la que un robot de suelo de direccionalidad programada tiene que recorrer el camino señalado, con un solo giro, para salvar al chivo chivón grande. *"Ahora es Next el que va a salvar al chivo chivón grande. Piensa las tarjetas que necesita y las colocas antes de programarlo"*.
- Problema 3: es un problema planteado sobre la cuadrícula blanca con dos giros. *"El robot tiene que ir a buscar al chivo chivón grande. El camino ahora es un poco más largo y con mas giros. Piensa las tarjetas que necesita y las colocas antes de programarlo"*.
- Problema 4: es un problema a resolver con el robot de suelo de direccionalidad programada. No presenta el camino marcado. Hay unas condiciones que debe cumplir en su recorrido: recoger por orden al chivo chivón pequeño, al chivo chivón mediano y al chivo chivón grande, para llevarlos hasta la hierba fresca. Está prohibido pasar por las casillas en las que hay un ogro. *"Next tiene que salvar"*

ahora a los tres chivos chivones. Primero tiene que salvar al chivo pequeño, después al chivo mediano y por último al chivo chivón grande. Piensa las tarjetas que necesita y las colocas antes de programarlo”.

- Problema 5: es un problema consistente en averiguar el camino más corto para llegar hasta al chivo chivón pequeño. “Los ogros están al acecho. Tienes que encontrar el camino más corto para que Next vaya a salvar al chivo chivón pequeño y que llegue lo antes posible. Piensa las tarjetas que necesita y las colocas antes de programarlo”.
- Problema 6: es el último problema con solución de la trayectoria de resolución de problemas. Su resolución implica el descubrimiento del camino más largo para llegar hasta donde está el chivo chivón pequeño. “Los ogros se han ido a descansar. Ahora no tienes prisa y tienes que encontrar el camino más largo para que Next vaya a salvar al chivo chivón pequeño. Tienes que intentar que Next pase por el mayor número de casillas que se te ocurran, sin repetir ninguna de ellas. Piensa las tarjetas que necesita y las colocas antes de programarlo”.
- Problema 7: es un problema sin solución. No hay manera de llegar hasta donde se encuentra el chivo chivón pequeño, los ogros se encuentran bloqueando el camino. El objetivo es descubrir si los niños de estas edades son capaces de descubrir que no existe camino posible usando next sobre la cuadrícula y analizar su análisis discursivo. “El chivo está en peligro, los ogros quieren comérselo. Next tiene que ir a salvarlo, piensa las tarjetas que necesita y las colocas antes de programarlo”.

La novedad que presenta el estudio llevado a cabo y, es la inclusión de un cuento que transmite a los estudiantes a un mundo mágico, que les hace imaginar una historia y les hace partícipes en su resolución. La afectividad y las experiencias de flujo, reseñadas en la fundamentación teórica de Montoro y Gil (2011), han guiado el propósito del trabajo de investigación, que pretende aumentar el rendimiento en las matemáticas con el fomento del interés y de la motivación.

Tabla 2. Trayectoria de resolución de problemas, tableros y soluciones.

Problema	Cuadrícula	Secuencia de resolución
Problema 1		↑ ↑ ← ↑ ↑ ▶
Problema 2		↑ ↑ → ↑ ↑ ▶
Problema 3		↑ ↑ ← ↑ → ↑ ▶
Problema 4		↑ → ↑ ← ↑ → ↑ ← ↑ ▶
Problema 5		↑ ↑ ↑ ← ↑ ↑ ↑ ▶ *
Problema 6		← ↑ ↑ ↑ → ↑ → ↑ ↑ ↑ ← ↑ ← ↑ ↑ ↑ → ↑ ▶ *
Problema 7		Sin solución

*Ejemplos de secuencias óptimas de resolución efectuadas por los escolares durante la experimentación.

3.2 Participantes

En esta investigación participaron doce estudiantes del segundo ciclo de Educación Infantil, de un centro educativo español, durante el curso escolar 2018-2019. Las grabaciones de las resoluciones de problemas con las seis parejas se llevaron a cabo en un aula de desdoble de Educación Infantil de dicho centro educativo. El aula cuenta con espacio suficiente para la primera sesión psicomotora y para las siguientes sesiones.

Se ha planificado la secuencia de resolución de problemas con dos parejas para cada uno de los niveles del segundo ciclo de Educación Infantil. En total participaron en el estudio n=6 parejas. Dos parejas del alumnado de cada uno de los cursos de Educación Infantil, desde primero hasta tercero. Una pareja de cada nivel realizó la trayectoria de resolución con tarjetas de dirección y la otra pareja sin tarjetas.

Tabla 3. *Codificación y descripción de los estudiantes de cada pareja participantes en el estudio*

Curso	Pareja	ID del estudiante	Edad (años;meses)
1ª Ed. Infantil	P1 3 SIN	Niño	3;8
		Niña	3;7
2º Ed. Infantil	P2 3 CON	Niño 1	3;10
		Niño 2	3;9
	P3 4 SIN	Niño 1	5;2
		Niño 2	4;11
P4 4 CON	Niño	5;1	
	Niña	4;11	
3º Ed. Infantil	P5 5 SIN	Niño	5;10
		Niña	5;10
	P6 5 CON	Niño	6;2
		Niña	5;9

4. Resultados

Como señalan Diago et al. (2018), los trabajos con robots en edades tempranas constituyen un medio excepcional para poder observar el modo en que el alumnado toma de decisiones en el proceso de resolución de problemas. Estudios recientes, llevados a cabo en el campo de la robótica y lenguajes visuales de programación por bloques, posibilitan una planificación de las tareas a modo de problema que comprenden contenido matemático.

En este trabajo se han planteado problemas que han requerido para su resolución el conocimiento de nociones espaciales, de numeración, de orientación espacial y la toma de decisiones en el proceso resolutivo. Es primordial que los estudiantes comprendan que un problema puede ser resuelto utilizando diversas estrategias resolutivas.

El diseño de actividades de resolución de problemas con robots, permite iniciar al alumnado en la programación y pensamiento computacional.

4.1. Del proceso de resolución

Se lleva a cabo, un primer análisis desde un punto de vista más general que indica que, cuando se trata de problemas en los que la orientación del robot respecto a la de los/as niños/as es igual, girada hacia

la derecha o girada hacia la izquierda, los estudiantes encuentran solución al problema, en un mayor o menor número de intentos o de tiempo precisado para ello. Mientras que, si se trata de una orientación opuesta del robot frente a los/las niñas, los/las alumnos de tres y cuatro años no logran encontrar la solución, sin embargo, las dos parejas de cinco años sí lo consiguen. El análisis de tiempo e intentos se reflejará en los puntos siguientes del presente epígrafe.

4.1.1. Del número de intentos y del tiempo necesitado

Se ha analizado el tiempo necesitado y el número de intentos, por cada una de las parejas para la resolución de los problemas planteados, queda descrito en la Tabla. Las dos parejas de tres años y las dos parejas de cuatro años, no han conseguido alcanzar la solución del problema número 6.

En el análisis del número de intentos que ha necesitado cada pareja para hallar la solución de los distintos problemas planteados no se incluye el problema sin solución (problema 7). El número de intentos indica el número de veces que los/las alumnos/as vuelven a introducir los datos en el robot.

Tabla 4. Tiempo, en minutos y segundos, necesitado para la resolución de los problemas y número de intentos

Pasos	P1 3 SIN	P2 3 CON	P3 4 SIN	P4 4 CON	P5 5 SIN	P6 5 CON
	Tiempo/Intento	Tiempo/Intento	Tiempo/Intento	Tiempo/Intento	Tiempo/Intento	Tiempo/Intento
Paso 1	6:40/4	8:14/1	7:22/8	4:50/1	3:59/1	3:30/2
Paso 2	5:47/3	5:46/1	8:49/8	9:09/3	3:08/1	1:56/2
Paso 3	8:09/6	12:23/2	3:42/1	11:03/5	5:50/3	3:22/3
Paso 4	7:57/4	11:26/1	9:17/2	10:03/3	4:28/1	7:12/1
Paso 5	6:32/3	9:06/2	7:58/3	5:38/2	4:29/1	2:01/1
Paso 6	19:32*/6*	27:37*/3*	23:51*/4*	18:24*/4*	15:25/1	10:56/2
Paso 7	3:36	8:15	4:46	3:49	5:29	5:41

Nota: el asterisco indica que no se consigue la resolución del problema.

Los datos obtenidos se presentan relativos a dos vertientes, respecto a la utilización de las tarjetas y respecto de la edad de los participantes seleccionados en la experimentación.

Se observa que, en las parejas de tres años, el número de intentos de la pareja que utiliza tarjetas de dirección para marcar la secuencia de resolución de los problemas planteados, es menor que en la pareja que no utiliza tarjetas en todos los problemas. Comparando las parejas de cuatro años, el número de intentos de la pareja que se apoya con tarjetas es inferior en la resolución de tres problemas, que en la pareja que no utiliza tarjetas, igual en uno de los problemas y superior en otros dos problemas. De estos datos se deduce que, en las parejas estudiadas de estas edades, el número de intentos no se ve influenciado por la utilización o no de tarjetas de dirección. En cuanto a las parejas de cinco años, el número de intentos de la pareja que utiliza tarjetas, respecto a la pareja que no lo hace, es superior en tres de los seis problemas planteados y, es igual en otros tres problemas, por lo que en esta edad no se puede concluir que el uso de tarjetas determine el número de intentos necesarios para alcanzar una solución correcta.

4.1.2. De la resolución de problemas

En la resolución de los problemas planteados, se han seguido las fases propuestas por Polya (1945). Una primera fase de comprensión del problema, a través de las conversaciones entre las parejas de estudiantes. Una segunda fase de planificación, en la que tanto las parejas que han usado tarjetas de dirección, como las parejas que han empleado estrategias de dibujar flechas, han tramado el plan de acción y las estrategias encaminadas a su resolución. Una tercera fase de ejecución del plan, en la que ejecutan las acciones necesarias para que Next llegue a su destino. Una fase final de verificación, en la que se produce una autoevaluación por parte del alumnado, que les permite dar por finalizada la resolución o volver de nuevo a la fase de planificación si el intento ha sido fallido.

Los factores que han determinado las mayores confusiones son la lateralidad, su desarrollo se produce a medida que los infantes van creciendo y se va mielinizando el cuerpo calloso (Whitaker et al., 2008) y la posición diferente entre los estudiantes y el robot a la hora de ejecutar el recorrido. Chamorro (1990) considera que para evitar las confusiones originadas por las dificultades de entendimiento es necesario recurrir a un sistema de codificación. Hace casi treinta años del estudio realizado por esta autora sobre una cuadrícula, y aunque no se hablaba de programación robótica, si se apuntaba a un sistema de secuenciación de tarjetas para codificar los trayectos. Los estudiantes han empleado sistemas de referencia fijos, como la puerta de clase (para referirse a la derecha) o la ventana (para referirse a la izquierda) y eliminaban en ocasiones la ambigüedad de la posición en función del robot o de los niños. "Los sistemas de referencia fijos presentan enormes ventajas en relación con los anteriores y suelen surgir de modo natural ante las equivocaciones cometidas por problemas de lateralidad" (Chamorro, 1990).

Coincidiendo con investigaciones llevadas a cabo en esta línea, los problemas más sencillos de resolver a nivel estructural, requieren menos intentos para alcanzar el éxito (Diago et al., 2018). Los problemas que han sido resueltos con menor dificultad, empleando menos movimientos y acertando en un menor número de intentos, han sido aquellos en los que la carga de orientación espacial en la situación problemática era menor. Las resoluciones más victoriosas en la trayectoria de resolución de problemas planteados son las de trayectos más simples, los problemas con un único giro, como lo son los pasos 1, 2, y 5 de la trayectoria propuesta. En cinco de las seis parejas han sido resueltos con menos movimientos y en un menor número de intentos. Los problemas que implicaban dos o más giros, pero no suponían una orientación opuesta del robot frente a los estudiantes, es decir los pasos 3 y 4, han sido resueltos por todo el alumnado participante. Han necesitado más movimientos y un número mayor de intentos que en los pasos sencillos, de un solo giro, pero han sido capaces de resolverlos. El problema largo, denominado paso 6, conllevaba varios giros para su resolución, algunos de ellos suponían que la orientación del robot estuviera enfrentada frente a la del niño. Los escolares de tres y cuatro años, no han sido capaces de hallar la solución, han dado respuestas ligadas a la representación espacial de su situación, incapaces de abstraer la orientación espacial del robot y mostrando flechas de dirección opuestas, de modo reiterado. Sirva de ejemplo la siguiente parte de la conversación mantenida entre la pareja de 3 años que no ha utilizado tarjetas (P1 3 SIN) durante la resolución del problema 6.. Los estudiantes de cinco años, tanto los que han utilizado tarjetas, como la pareja que no las ha utilizado, son capaces de mostrar un paso más de abstracción, mostrando mayor capacidad para programar secuencias largas, con un número mayor de instrucciones y mostrando una mejor orientación espacial y estructuración de la secuencia de lenguajes de programación.

- Investigadora: ¡Muy bien! Hasta ahí, todo lo que hemos recorrido. ¡Qué mayores! A ver, ahora, ¿qué le tengo que mandar a Next?
- Niña: Girar. (Los dos niños teclean el giro a la derecha a la vez. Next está situado frente a ellos).
- Investigadora: Y, ¿luego?
- Niños: Adelante, adelante. (Teclean)
- Investigadora: Y, ¿luego?
- Niños: Girar. (Teclean)
- Investigadora: Y, ¿luego?
- Niño: Adelante, adelante, adelante.
- Niños: (Teclean los dos la flecha de ir hacia atrás. Next está colocado frente a ellos y su tecla de ir hacia atrás está en sentido contrario).
- Niño: ¡Ya! (Aprieta el play). (En el momento que Next va hacia atrás, teclea rápido la flecha de ir hacia adelante).

El número de intentos aumenta de modo significativo en los problemas que requieren más giros, y es más notable en los estudiantes de tres y de cuatro años. El alumnado de cinco años, muestra menor dificultad en problemas de este tipo. La orientación espacial, en el marco piagetano, se elabora poco a poco, jugando un papel fundamental la actividad del sujeto. El conocimiento del espacio tiene su origen

en la actividad sensoriomotriz y posteriormente pasa a un nivel representativo. En las actividades propuestas, el alumnado de menor edad, ha necesitado posicionarse motrizmente, secuenciar la tarea en pasos más pequeños, con el fin de lograr la representación mental del trayecto a seguir. Este estudio corrobora la teoría de Piaget sobre el conocimiento espacial.

Los alumnos siguen los pasos señalados por Polya (1945) para la resolución de problemas matemáticos y, son capaces de autoevaluarse ellos solos, descubrir sus fallos y corregirlos. Esta es una de las grandes ventajas del empleo del robot, los aprendices se autocorrijen y trazan nuevos planes para la resolución de los problemas planteados.

4.2. Del uso de tarjetas de dirección

El uso de tarjetas de programación, en otros estudios realizados, permite a los estudiantes resolver problemas que sin ellas no hubiera sido posible, ya que mejora sus procesos de razonamiento (Pérez y Diago, 2018).

La experimentación se ha realizado con dos parejas de cada nivel del segundo ciclo de educación Infantil con el propósito de comprobar si existen o no diferencias en cuanto a la resolución de los problemas en función del uso de tarjetas de dirección. Cada uno de los problemas, denominados pasos, de los que consta la trayectoria de resolución de problemas ha sido planteado a todas las parejas. Para cada edad, las dos parejas han resuelto los problemas utilizando recursos diferentes, por lo que una pareja ha podido utilizar para tratar de solucionar los retos planteados las tarjetas de programación, con las flechas de dirección, mientras que la otra pareja, de la misma edad, ha podido hacer o no hacer uso de otros materiales, como lapiceros y papeles, para programar la secuencia de órdenes sobre el robot.



Figura 1. Las seis parejas resolviendo los problemas con y sin tarjetas de dirección

4.2.1. Del uso de las tarjetas en estudiantes del grupo de tres años

El paso primero, al realizarse motrizmente, no refleja diferencias significativas entre el uso de tarjetas o ausencia de las mismas. En los siguientes pasos cabe destacar que la pareja que no utiliza tarjetas de dirección para programar la secuencia de órdenes, muestra más impulsividad, se equivocan en más ocasiones y necesitan un mayor número de intentos que la pareja que usa tarjetas de dirección. A modo de ejemplo se reproduce una parte de la conversación, en la que se refleja la actitud irreflexiva entre la pareja de tres años que no utiliza tarjetas de dirección (P1 3 SIN), durante el proceso de resolución del problema 5.

- Investigadora: ¡Venga! A ver si sabéis.
Niña: (Teclea tres hacia delante).
Niño: (Teclea el de giro a la izquierda). Girar. (El niño quiere apretar el botón del play).
Investigadora: ¡Eh, espera! Manda todas las órdenes primero.
Niña: Adelante. (Teclea).
Niño: (Le da al botón de comienzo del recorrido).
Investigadora: (Nombre del niño), un momento, cariño. No estás pensando lo que está diciendo (nombre de la niña), ¿vale? Lo habéis dicho súper bien hablando, pero, ¿sabéis qué os pasa? Que le queréis dar los dos al botón. No pasa nada, pero hay que darle bien. Si le ha dado (nombre de la niña) una vez, ya no le tengo que dar yo, ¿vale? Recordamos y hacemos. ¡A ver!
Niña: (Teclea tres hacia delante).
Niño: ¿Y girar?
Niño: (Quiere darle al play).

Investigadora: (Le aparta la mano suavemente). Venga, ¿qué más falta?
Niña: (Teclea giro a la izquierda y tres más hacia delante).
Niño: (En medio vuelve a intentar dar al botón verde, que es el del play). ¿Y al verde?
Investigadora: ¡Déjale darle a ella al verde!
Niña: (Aprieta ella el botón verde).
Investigadora: ¡Este (nombre del niño)!
Investigadora: (Se ríe)
Niño: (Golpea con la mano en el suelo, mostrando nerviosismo).
Investigadora: (Next se ha torcido, porque no lo hemos puesto bien direccionado en la casilla de salida).
¡Se ha torcido! A ver, esperad, que no sé lo que ha pasado, no ha girado bien. Vamos a volverle a dar al botón del play. ¡Sólo al botón verde! ¿Vale? ¿Quieres darle tú al verde, sólo al verde, (nombre del niño)?
Niño: (Asiente). ¡Ahora yo!

La teoría del desarrollo cognitivo de Jean Piaget y el pensamiento egocéntrico de la etapa preoperacional (2-7 años) ha sido estudiada por numerosos autores. Ochaíta (1983) hace referencia al "error egocéntrico" como el error que cometen los infantes al no considerar el punto de vista de los demás y creer que es suyo el único posible. El egocentrismo que caracteriza esta etapa evolutiva queda patente en los diálogos de los niños. En el siguiente diálogo de la pareja de tres años que no utiliza tarjetas (P1 3 SIN), durante la resolución del problema 3, se refleja esta característica del pensamiento infantil. "Es que estás un poco torpe", muestra como echan la culpa al robot de no llegar al final del recorrido.

Investigadora: Adelante y, ¡anda! (Next gira antes de tiempo). Le habéis dicho adelante, girar y adelante. "Next, no pasa nada, ahora lo volvemos a intentar, ¿vale?" (dice la investigadora acariciando al robot).
Niño: Es que estás un poco torpe (refiriéndose al robot).
Investigadora: ¿Está torpe? No, es que le habéis mandado hacer eso. Venga, a ver, ¿qué le tenemos que mandar entonces?

La pareja que utiliza las tarjetas, tarda mucho más tiempo que la pareja que no usa tarjetas, piensan más la secuencia que tienen que programar. Véase cómo la pareja de 3 años que utiliza tarjetas (P2 3 CON), en la resolución del problema 4, analiza las decisiones que van tomando y es capaz de encontrar el error. En estas edades se ha evidenciado la importancia del uso de tarjetas direccionales para la organización de los procesos computacionales, fomentando la reflexión en la toma de decisiones y contribuyendo a que en la resolución de los problemas planteados los escolares precisen de un menor número de intentos.

Niño 2: Para la roja.
Investigadora: ¡Anda! ¿Cuál será la tarjeta de la roja? ¿Ésta o ésta?
Niño 1: (Va a coger la tarjeta contraria).
Investigadora: ¿Esa es la de la roja?
Niño 1: Sí.
Niño 2: No, no es.
Niño 1: ¡Que sí!
Niño 2: No, no.
Investigadora: ¿Por qué crees que no, (nombre del niño 2)?
Niño 2: Porque va a llegar al ogro.
Investigadora: ¡Ah!
Niño 1: Igual es esta. (dice quitando la tarjeta de giro a la izquierda y señalando la de giro a la derecha).
Investigadora: Pues no lo sé. Mirad, si ponéis aquí las dos manos, así. (Coloca sus manos debajo de las tarjetas). De las flechas, ¿cuál es la flecha que va hacia el lado rojo? ¿Ésta o ésta?
Niño 1: Ésta. (Coge la de giro a la izquierda).
Investigadora: Entonces, le habéis dicho que haga así, mirad. (Dice girando a Next).
Niño 1: Y ahora ...

Niños: Adelante. (Dicen los dos a la vez).
Niño 2: (Coge la tarjeta de ir hacia delante).

4.2.2. Del uso de las tarjetas en las parejas de 4 años

Con respecto a la experimentación en parejas de 4 años se observan diferencias en el proceso de planificación de las resoluciones a los retos. Por un lado, la pareja que utiliza tarjetas analiza y reflexiona sobre la secuencia de órdenes a incluir en el robot mediante el uso de estas. Por otro lado, la pareja que no usa tarjetas tiende a implementar diferentes órdenes sin reflexión previa. Esto último se evidencia especialmente a partir de la impetuosidad que muestran los aprendices en el uso del robot, mostrando comportamientos competitivos en dicho proceso. Este comportamiento egocentrista minimiza los procesos de reflexión individuales y de pareja, favoreciendo comportamientos individualistas en la resolución de los retos. La experiencia de flujo que vivencian los aprendices en la resolución de los retos más sencillos favorece la visión lúdica del planteamiento en detrimento de la resolución de los retos de mayor dificultad. Las diferencias observadas entre el alumnado de 3 años y el de 4 años, manifiestan un mayor proceso analítico entre los escolares más mayores, siendo más lúdico e irreflexivo el proceso de resolución de problemas entre los más pequeños. Véase de ejemplo el fragmento de conversación entre la pareja de 4 años sin tarjetas (P3 4 SIN), mientras realizan la resolución del problema 2. La pareja que utiliza tarjetas, precisa menos intentos, el tiempo empleado es mayor, puesto que deliberan sobre las decisiones tomadas y son capaces de programar con más éxito la secuencia, como se observa en la Tabla 4.

Investigadora: Pues venga, a ver, le damos. ¿Quién le va a dar?
Niños: ¡Yo! (Lo dicen a la vez).
Investigadora: Le podéis dar una vez cada uno si queréis.
Niño 2: (Teclea sin hablar adelante, adelante, adelante, giro y se ríe mirando a la investigadora)
Investigadora: ¿Qué ha pasado?
Niño 2: ¡Qué me he salido!
Investigadora: ¿Qué te has salido? Pues borra. Decidlo en alto, a ver.
Niño 1: Adelante, adelante, giro, adelante y adelante.
Investigadora: Pues venga.
Niño 2: ¿En dos? Pues vale.
Niño 1: Sí, en dos.
Niño 2: Adelante, adelante (pero pulsa tres veces), giro. Y ahora al verde (pero no le da)
Niño 1: No, ahora adelante y adelante (tecleando sobre Next y dándole al botón verde de play).
Niño 2: (Se ríe al ver que Next se sale del camino marcado)
Investigadora: ¿Qué creéis que ha pasado?
Niño 2: (Señala al niño 1 y dice su nombre como echándole la culpa)
Investigadora: ¿Por qué está ahí?
Niño 2: Pues porque ha pasado que teníamos que darle dos veces.
Investigadora: Pues ahora hay que borrar la secuencia antes de darle.
Niño 2: (Teclea adelante, adelante, giro, adelante y botón del play. El robot realiza este recorrido y no llega donde está el chivo)

4.2.3. De las parejas de 5 años teniendo en consideración el uso de tarjetas

En relación con la experimentación en el problema motriz inicial, no se observan diferencias entre ambas parejas a la hora de secuenciar, planificar y resolver el problema. Los escolares que emplean tarjetas y los que utilizan otras estrategias de resolución diferentes al uso de las mismas son capaces de programar la secuencia de órdenes, bien verbalmente, o bien con las tarjetas y realizar el recorrido correctamente. El siguiente diálogo corresponde a la pareja de 5 años que no utiliza tarjetas de dirección (P5 5 SIN), en la resolución del problema 1.

Investigadora: Venga, pues antes de que te conviertas en robot, tenéis que hablar en alto cada uno de los pasos que tenéis que hacer. ¿Vale? Empezamos.
Investigadora: A ver (nombre del niño), ¿qué piensas?

- Niño: Primero, como empiezas aquí (dice señalando el cuadrado de salida), un salto. Después otro, giras, eh, hacia la izquierda y un salto y otro salto.
- Investigadora: ¡Madre mía! ¿Qué piensas (nombre de la niña)?
- Niña: (Acercándose a la cuadrícula) Que un salto, otro salto, un giro, otro salto y otro salto. (va marcando con la mano los pasos a seguir dentro de la cuadrícula).
- Investigadora: ¿Estáis de acuerdo?
- Niños: ¡Sí!

En los problemas iniciales, cuya solución requiere la selección de un número reducido de órdenes, se evidencia una ausencia de dificultad en la resolución del problema en ambas parejas, sin realizar discriminaciones respecto al uso de tarjetas. En el caso de los problemas de mayor dificultad, que precisan un mayor número de órdenes en la secuencia de programación, se constatan diferencias que subyacen del uso de las tarjetas. La pareja que no dispone de este recurso muestra una mayor impulsividad y tiende a emplear estrategias de ensayo-error. Sin embargo, la pareja que utiliza tarjetas de dirección reflexiona en cada paso sobre la selección de tarjetas y se sitúan espacialmente en el recorrido, tecleando las órdenes exclusivamente al finalizar la secuencia completa. Dicha conducta reflexiva les conduce a una resolución correcta en un número de intentos inferior al de la otra pareja y, por consiguiente, precisan menos tiempo de resolución. En el problema largo, de secuencia de resolución abierta, se hace imprescindible el empleo de estrategias alternativas, como el dibujo de las órdenes de la secuencia, con el fin de planificar la resolución del reto y poder ejecutarla.

A medida que van avanzando en la etapa educativa, el alumnado va desarrollando procesos analíticos y reflexivos en detrimento de la impulsividad inicial. En el diálogo que se presenta a continuación se puede observar cómo la pareja de 5 años que no utiliza tarjetas (P5 5 SIN), durante la resolución del problema 3, comete errores al introducir la secuencia en Next y cómo dichos escolares analizan el error cometido.

- Niña: Empieza a teclear.
- Investigadora: ¿Ha sonado? ¿Ha sonado las dos veces?
- Observadora: Le ha dado sólo una.
- Investigadora: Borra, borra cariño, que no se ha oído.
- Niño: Hacia delante (teclea), giro (teclea).
- Niña: (Teclea hacia delante). Dale tú (le dice al niño)
- Niño: A ver, si estábamos ahí, yo creo que otro.
- Niña: Yo creo que ya, a ver. (Le da a reproducir la secuencia).
- Niño: No quiero ni mirar.
- Niña: Ya verás que sale bien.
- Niño: No.
- Niña: No. ¡Jol!
- Investigadora: ¡Hola Next! Next no ha llegado. Borrarnos. No pasa nada.
- Niña: Pues es mejor que lo pongamos ahí, ¿no? (Dice señalando una hoja y papel)
- Niño: Yo sé como hacerlo. Es hacia delante, giro, giro, ... A ver si estamos, (coge a Next y va diciendo los pasos a programar con el robot en la mano siguiendo el camino). Hacia delante, giro, adelante, giro hacia aquí, hacia delante y hacia delante.
- Niña: Sí, sí, sí, bien (aplaude).
- Investigadora: Os ayudo a colocarlo recto, sólo ¿vale?
- Niña: Venga. hacia delante, ¿no?
- Niño: No, sí. Hacia delante (teclea, pero no suena). Uy, no ha sonado. Ahora (cuando suena), hacia aquí (señalando la izquierda), hacia delante, ...
- Niña: Tú estás loco, a ver, voy a borrar.
- Niño: A ver, tú lo haces.
- Investigadora: Antes de darle, hablad bien.
- Niños: Hacia delante (mientras teclea la niña)
- Niña: Hacia allá (teclea izquierda), hacia allá (teclea derecha) y hacia delante, delante. (se olvidan de hacer el paso hacia delante nada más girar a la izquierda al principio).
- Niño: (Le da al play) No quiero ni mirar.
- Niña: Lo va a hacer bien. (Pero el recorrido no es el que tiene que seguir Next).
- Investigadora: (Nombre del niño), pero si no miras no ves lo que ha hecho el robot.

Niño: Ésto es un poco difícil. ¡Lo habíamos hecho bien, pero con un giro!
Niña: ¿Sólo con un giro tendría que ser?
Niño: No, tendría que ser así, mira. Coge a Next y dice en voz alta, hacia delante, giro, hacia delante, giro, ... A ver, lo digo pero sin tocarlo (quiere decir sin apretar los botones, pero sigue con Next en la mano haciendo el recorrido) hacia delante y hacia delante.
Niñas: Explícame tú (la niña quiere teclear), hacia delante, ¿no?
Investigadora: A ver, que os ponéis nerviosos. (Los niños han movido la cuadrícula y a Next, la investigadora lo coloca bien).
Niña: Hacia delante (teclea)
Niño: Giro hacia allá (teclea izquierda), hacia delante (teclea), giro hacia allá (teclea), hacia delante y hacia delante (tecleando).
Niños: ¡Por fin! ¡Bien! (Aplausos).

Los ejemplos expuestos muestran que, a la hora de programar al robot con las órdenes que debe ejecutar, los estudiantes deben conocer el lenguaje de programación, y saber comunicarse a través del mismo, para conseguir que el robot realice los movimientos adecuados para solucionar ese problema, como señalan Pérez y Diago (2018).

5. Conclusiones

A través de esta experiencia se han introducido en aulas de Educación Infantil actividades relacionadas con la resolución de problemas, aspecto destacado en la enseñanza de las matemáticas, que implica procesos de alfabetización digital mediante la intervención de un robot educativo con mandos de direccionalidad programada. Se ha buscado en todo momento la motivación del alumnado, promoviendo actividades novedosas ambientadas en un contexto narrativo conocido que han favorecido el pensamiento lógico y la capacidad de razonamiento. El pensamiento computacional se ha convertido en una destreza esencial para la resolución de problemas matemáticos (Wing, 2006). Para dar solución a los diferentes retos, los escolares han tenido que efectuar una recogida y análisis de la información, realizar una descomposición de los problemas en partes más sencillas y reconocer patrones comunes.

El estudio experimental ha aportado conclusiones relevantes que es preciso detallar. Relacionado con el proceso de resolución, se han encontrado diferencias por edades en las fases intermedias de planificación y ejecución, atendiendo a las fases las establecidas por Polya (1945), mostrando mayor impulsividad los escolares más pequeños. En lo referente a la orientación espacial, los resultados obtenidos están en sintonía con el marco teórico que sustenta la consideración de que el alumnado de mayor edad muestra menores dificultades en los problemas relacionados con la orientación espacial. Respecto al uso de las tarjetas, no se han encontrado diferencias significativas entre los participantes de 2º y 3º de Educación Infantil que sí las usaban y los que no, al ser capaces éstos últimos de buscar recursos alternativos, no siendo así con los escolares de 1º de Educación Infantil. No obstante, debido a la naturaleza del estudio, realizado a seis parejas de Educación Infantil, han de tenerse presente las limitaciones derivadas del número de participantes de la muestra.

En un futuro se ambiciona analizar en profundidad los heurísticos empleados por los escolares en los procesos de resolución para lograr una mayor comprensión de los procesos empleados por el alumnado de Educación Infantil en la resolución de los problemas en los que se pone en juego el pensamiento computacional. Del mismo modo, entre las líneas futuras de estudio está profundizar en la influencia de las habilidades de la orientación espacial y su correlación con la resolución de retos matemáticos en los que se pongan de manifiesto destrezas relacionadas con el pensamiento computacional.

La experiencia descrita ha sido altamente motivadora para el alumnado. Las matemáticas son un contenido instrumental básico, su aprendizaje tiene que ir unido al disfrute, cuando una actividad genera diversión provoca interés por reincidir en ella y es por medio de la repetición por la que se provoca un aprendizaje que perdurará en el tiempo. El objetivo prioritario es seguir proporcionando experiencias lúdicas y didácticas que hagan de las matemáticas una materia única y divertida.

Referencias

- Alsina, C. (2006). La matemática hermosa enseña con el corazón. *Sigma: revista de matemáticas = matematika aldizkaria*, (29), 143-150.
- Anguera, M. T., Portell, M., Chacón-Moscoso, S. y Sanduvete-Chaves, S. (2018). Indirect observation in everyday contexts: concepts and methodological guidelines within a mixed methods framework. *Frontiers in Psychology*, 9(3), 1-20. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00013>
- Britz, J. y Richard, N. (1992). *Problem solving in the early childhood classroom*. Washington, DC: NEA.
- Castro, E. y Castro, E. (Coord.) (2016). *Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en educación infantil*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Chamorro, M. C. (1990). La Cuadrícula. *Didáctica. Lengua y literatura*, 2, 43-60.
- Charles, R. I., Lester, F. K., y O'Daffer, P. (1987). How to evaluate progress in problem solving. Reston, VA: NCTM.
- Csikszentmihalyi, M. y Csikszentmihalyi, I. S. (1998). *Experiencia óptima: Estudios psicológicos del Flujo en la Conciencia*. Bilbao: Desclée de Brouwer.
- Diago Nebot, P. D., Arnau Vera, D., y González-Calero, 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.
- Diago, P. D., Arnau, D., y González-Calero, J. A. (2018). La resolución de problemas matemáticos en primeras edades escolares con Bee-bot. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 1(2), 36-50.
- English, L. D. y Gainsburg, J. (2016). Problem solving in a 21st century mathematics curriculum. En L. D. English y D. Kirshner (Eds.), *Handbook of international research in Mathematics Education* (3rd ed., pp. 313-335). New York, NY: Taylor and Francis.
- González, O. (2007). *Chivos, chivones*. Pontevedra: Kalandraka ediciones.
- González-Calero, J. A., Cózar, R., Villena, R., y Merino, J. M. (2017). Interpretación de planos mediante el uso de robots educativos. En J.M. Muñoz-Escolano, A. Arnal-Bailera, P. Beltrán-Pellicer, M.L. Callejo y J. Carrillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXI* (pp. 529). Zaragoza: SEIEM.
- Jackson, S. A. y Csikszentmihalyi, M. (2002). *Fluir en el deporte* (M. Valenciano. Trad.). Barcelona: Paidotribo.
- Jiménez-Gestal, C., Berciano, A., y Salgado-Somoza, M. (2019). Cómo trabajar la orientación espacial de modo significativo en Educación Infantil: implicaciones didácticas. *Educación matemática*, 31(2), 61-74. <http://doi.org/10.24844/EM3102.03>
- Latorre, A., Del Rincón, D., y Anal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Hurtado Ediciones.
- Lesh, R., English, L. D., Riggs, C., y Sevis, S. (2013). Problem solving in the primary school (K-2). *Mathematics Enthusiast*, 10(1-2), 35-60.
- Montoro, A. B. y Gil, F. (2011). Concentración y disfrute con actividades matemáticas. En M. Marín et al (Eds.), *Investigación en educación matemática XV* (p. 451- 460). Ciudad Real: SEIEM.
- Moreno-León, J., Robles, G., y Román-Gonzalez, M. (2017). Programar para aprender en Educación Primaria y Secundaria: ¿Qué indica la evidencia empírica sobre este enfoque? *ReVisión*, 10(2), 45-51.
- Muñiz, J. y Fonseca-Pedrero, E. (2017). *Construcción de instrumentos de medida en psicología* (2a edición). Madrid, FOCAD: Consejo General de Colegios Oficiales de Psicólogos.
- Ochaíta, E. (1983). La teoría de Piaget sobre el desarrollo del conocimiento espacial. *Estudios de psicología*, 4(14-15), 93-108. <https://doi.org/10.1080/02109395.1983.10821356>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.
- Pérez, G. y Diago, P. D. (2018). Uso de lenguajes de programación simbólicos en resolución de problemas con Bee-bot. En L. J. Rodríguez-Muñiz, L. Muñiz-Rodríguez, A. Aguilar-González, P. Alonso, F. J. García García y A. Bruno (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXII* (p. 652). Gijón: SEIEM.
- Pérez, G. y Diago, P. D. (2018). Estudio exploratorio sobre lenguajes simbólicos de programación en tareas de resolución de problemas con Bee- bot. *Magister, Revista de Formación del Profesorado e Investigación Educativa*, 30 (1), 9-20. <https://doi.org/10.17811/msg.30.1.2018.9-20>
- Piñeiro, J. L., Ramírez, R., y Segovia, I. (2017). Detección del talento matemático en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación matemática en la infancia*, 6 (2), 56-71.
- Pólya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton, New Jersey: Princeton University.

- Puig, L. (1996). *Elementos de resolución de problemas*. Granada: Comares.
- Real Decreto 1630/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del Segundo Ciclo de Educación Infantil.
- Reeve, J. (1994). *Motivación y emoción*. Madrid: McGraw-Hill.
- Rodríguez, G., Gil, J., y García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Aljibe.
- Ros-Esteve, M., López-Iñesta, E., y Diago, P. D. (2019). *Introducción de pensamiento computacional mediante actividades desenchufadas en la resolución de problemas de matemáticas*. En J. M. Marbán, M. Arce, A. Maroto, J. M. Muñoz-Escolano y Á. Alsina (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXIII* (p. 650). Valladolid: SEIEM.
- Santos-Trigo, M. (2014). Problem solving in mathematics education. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 496-501). Nueva York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8_129.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press: Orlando, FL.
- Schoenfeld, A. H. (1992). *Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition and sense making in mathematics*, en. En GROUWS (ed.): *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning*, 334-370. New York, Macmillan.
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145.
- Stake, R. E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Madrid, Ediciones Morata.
- Stake, R. E. (2006). *Multiple case study analysis*. New York: Guilford Press.
- Van de Walle, J. A. (2003). Designing and selecting problem-based task. En F. K. Lester y R. I. Charles (Eds.), *Teaching mathematics through problem solving: Prekindergarten-grade6* (pp. 67-80). Reston, VA: NCTM.
- 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 of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- Whitaker, K. J., Kolind, S. H., MacKay, A. L., y Clark, C. M. (2008). Cuantificación del desarrollo: investigación de vóxeles altamente mielinizados en el cuerpo calloso preadolescente. *Neuroimage*, 43 (4), 731-735. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.07.038>
- Yee, F. P. (2013). Resolución de problemas en matemática. En L. P. Yee (Ed.), *La enseñanza de la matemática en la educación básica* (pp. 65-91). Santiago, Chile: Academia Chilena de la Ciencia.
- Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *RED, Revista de Educación a distancia*, 46(4), 1-47.
- Zapata-Ros, M. (2018). Pensamiento computacional. Una tercera competencia clave. En: M. Zapata-Ros (ed.). *El pensamiento computacional como una nueva alfabetización en las culturas digitales*. Murcia: Universidad de Murcia, 2018, pp. 4-87.

Marta Terroba Acha. Profesora de Educación Infantil en el CEIP La Guindalera de Logroño (La Rioja), donde compagina el cargo de dirección con sus funciones como maestra en esta etapa educativa. Actualmente es doctoranda del programa de doctorado de la Universidad de La Rioja en Educación y Psicología: Educación, contextos e Innovación en donde está llevando a cabo una línea de investigación sobre la resolución de problemas matemáticos en Educación Infantil por medio del Pensamiento Computacional.

Email: materra@unirioja.es

Juan Miguel Ribera Puchades. Profesor del área de Didáctica de las Matemáticas del Departamento de Matemáticas y Computación de la Universidad de La Rioja. Sus líneas actuales de investigación se centran en el desarrollo del Pensamiento Computacional en Matemáticas y en la atención al estudiantado con alta capacidad matemática.

Email: juan-miguel.ribera@unirioja.es

Daniel Lapresa Ajamil. Profesor del Área de Didáctica de la Expresión Corporal del Departamento de Ciencias de la Educación de la Universidad de La Rioja. Su tarea investigadora está centrada en el desarrollo y aplicación práctica de la metodología observacional.

Email: daniel.lapresa@unirioja.es