

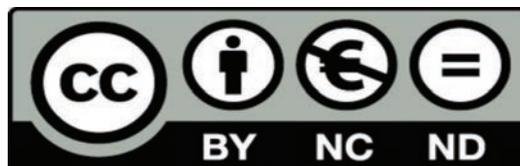


UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TESIS DOCTORAL

Título
Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil: Propuesta de intervención mediante un robot de suelo de direccionalidad programada
Autor/es
Marta Terroba Acha
Director/es
Daniel Lapresa Ajamil y Juan Miguel Ribera Puchades
Facultad
Facultad de Letras y de la Educación
Titulación
Departamento
Ciencias de la Educación
Curso Académico

Tesis presentada como compendio de publicaciones. La edición en abierto de la misma NO incluye las partes afectadas por cesión de derechos



Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil: Propuesta de intervención mediante un robot de suelo de direccionalidad programada, tesis doctoral de Marta Terroba Acha, dirigida por Daniel Lapresa Ajamil y Juan Miguel Ribera Puchades (publicada por la Universidad de La Rioja), se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.

Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

- © El autor
- © Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2022
publicaciones.unirioja.es
E-mail: publicaciones@unirioja.es



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

Departamento de Ciencias de la Educación

TESIS DOCTORAL

**Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación
Infantil: propuesta de intervención mediante un robot de suelo de direccionalidad
programada.**

Marta Terroba Acha

Directores: Daniel Lapresa Ajamil y Juan Miguel Ribera Puchades

Logroño, 2022

“Son los sentimientos que provocas en el niño los que deciden
la actividad que les enamora”

(Fernández-Bravo, 2017, p. 13)

Agradecimientos

Durante la realización de esta tesis doctoral he obtenido al apoyo y la ayuda de muchas personas a las que me gustaría manifestar mi más sincera gratitud.

En primer lugar deseo mostrar mi agradecimiento a los dos doctores que han dirigido mi tesis, al Dr. Daniel Lapresa Ajamil y al Dr. Juan Miguel Ribera Puchades. Gracias por haber confiado en mí, por vuestros consejos, por vuestro aliento, por orientarme constantemente con el fin de que pueda aprender y progresar en el apasionante mundo de la investigación. Gracias por respetar mis tiempos, por ayudarme a encontrar la luz entre mis torbellinos de ideas, por vuestra inmediatez para solventar mis dudas. Millones de gracias por enseñarme tanto. Sin vosotros nada de esto hubiera sido posible.

Asimismo, me gustaría mostrar mi total gratitud a la Dra. María Teresa Anguera Argilaga. Gracias por el apoyo brindado, por tu inestimable asesoramiento, por estar siempre disponible, por tus continuas palabras de ánimo, por tu confianza en la investigación y por aportar tus sabios conocimientos al desarrollo de la misma.

Siempre he sentido que soy una persona muy afortunada por poder dedicarme al mundo de la enseñanza. Me gustaría dedicar, de manera muy especial, unas palabras de agradecimiento hacia mi alumnado. Gracias por vuestro cariño, por vuestra inocencia, por vuestras enormes ganas de aprender y por mantener viva en mí la pasión por la educación.

Un trabajo de investigación es también producto del apoyo de las personas que nos quieren, que nos dan la energía necesaria para afrontar con fuerza y entusiasmo los nuevos retos a los que nos enfrentamos.

Gracias a mis padres, a quienes les debo todo, absolutamente todo lo que soy. Gracias por apoyarme en todo momento, con independencia de las decisiones tomadas y,

especialmente, por inculcarme el valor del esfuerzo y la constancia, motivándome siempre a dar lo mejor de mí misma.

Finalmente, gracias a Albert, mi compañero de vida, y a mis hijos Alejandro y Marcos. Gracias por vuestra paciencia infinita, por vuestro apoyo absoluto, por vuestro amor incondicional y por el tiempo del que os he privado. Os prometo que os compensaré con creces.

Compendio de trabajos publicados

La tesis doctoral con título “Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil: propuesta de intervención mediante un robot de suelo de direccionalidad programada” se ha realizado en forma de compendio de publicaciones. Se detallan a continuación las referencias de los artículos que componen el cuerpo de la tesis, así como indicativos de su calidad.

Terroba, M., Ribera, J.M., y Lapresa, D. (2021). Pensamiento computacional en la resolución de problemas contextualizados en un cuento en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 9 (2), 73-92.

Indicativos de Calidad:

- Clasificación Integrada de Revistas Científicas (CIRC):
Ciencias Sociales: C.
- Dialnet Métricas (2020):
Factor de impacto: 0.233.
Psicología y Educación (Educación): Q3 (Ranking categoría: 118/230).
- Journal Citation Indicator (JCI) for Emerging Sources Citation Index Journals:
Education and Educational Research: Q4 (Ranking categoría: 597/722).

Terroba, M., Ribera, J.M. y Lapresa, D. (2021). Cultivando el talento matemático en Educación Infantil mediante la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del pensamiento computacional. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, 28, 65-85. <http://doi.org/10.18172/con.5008>

Indicativos de Calidad:

- Journal Citation Indicator (JCI) for Emerging Sources Citation Index Journals:
Education and Educational Research: Q4 (Ranking categoría: 597/722).
- Clasificación Integrada de Revistas Científicas (CIRC):
Ciencias Sociales: B.
- Dialnet Métricas (2020):
Factor de impacto: 0.762.
Psicología y Educación (Educación): Q1 (Ranking categoría: 54/230).
- CARHUS Plus+ 2018: D.
- Modelo de Identificación y Evaluación de Revistas (MIAR):
Índice Compuesto de Difusión Secundaria (2021): 9.9.
- Ranking de revistas con sello de Calidad FECYT:
Educación: Q3 (Ranking categoría: 44/76).
- Ranking Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB):
Educación e Investigación Educativa: Q2 (Ranking categoría 261/1199).

Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D., y Anguera, M.T. (2021). Education intervention using a ground robot with programmed directional controls: observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education [Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil]. *Revista de Psicodidáctica*, 26 (2), 143-151. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2021.03.001>

Indicativos de Calidad:

- Journal Citation Reports, Social Sciences Citation Index (SSCI):
Factor de impacto (2020): 3.225.
Education & Educational Research (2020): Q2 (Ranking categoría: 67/264).
Psychology, Educational (2020): Q2 (Ranking categoría: 16/61).
Citescore (2020): 3.8.
- SCImago Journal Rank (SJR):
Factor de impacto (2020): 0.881.
Social Sciences (Education): Q1 (Ranking categoría: 253/1544).
Psychology (Developmental and Educational Psychology): Q2 (Ranking categoría: 111/339).
Scopus CiteScore (2020): 5.1; Área: Education, Percentil: 93; Área: Developmental and Educational Psychology, Percentil: 86.
- Source-Normalized Impact per Paper (SNIP) (2019): 1.21.
- Clasificación Integrada de Revistas Científicas (CIRC):
Ciencias Sociales: A.

Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D. y Anguera, M.T. (2021). Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil-3 años mediante una propuesta de resolución de problemas con un robot de suelo de direccionalidad programada. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 21(68).
<http://dx.doi.org/10.6018/red.480411>

Indicativos de Calidad:

- Journal Citation Indicator (JCI) for Emerging Sources Citation Index Journals:
Education and Educational Research: Q3 (Ranking categoría: 388/722).
- SCImago Journal Rank (SJR):
Factor de impacto (2020): 0.336.
Social Sciences (Education): Q3 (Ranking categoría: 723/1544).
Scopus CiteScore (2020): 2.0; Área: Education, Percentil: 64.
- Ranking de revistas con sello de Calidad FECYT:
Educación: Q1 (Ranking categoría: 6/76).
- Dialnet Métricas (2020):
Factor de impacto: 1.462.
Psicología y Educación (Educación): Q1 (Ranking categoría: 17/230).
- Clasificación Integrada de Revistas Científicas (CIRC):
Ciencias Sociales: B.

Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D. y Anguera, M.T. (2022). Observational analysis of the development of computational thinking in Early Childhood Education (5 years old) through an intervention proposal with a ground robot of programmed directionality. *European Early Childhood Education Research Journal*, online first, 1-19. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2055102>

Indicativos de Calidad:

- Journal Citation Reports, Social Sciences Citation Index (SSCI):
Factor de impacto (2020): 1.275.
Education & Educational Research (2020): Q4 (Ranking categoría: 219/265).
Citescore: 2.0.
- SCImago Journal Rank (SJR):
Factor de impacto (2020): 0.881.
Social Sciences (Education): Q2 (Ranking categoría: 409/1544).
Psychology (Developmental and Educational Psychology): Q3 (Ranking categoría: 171/339).
- Source-Normalized Impact per Paper (SNIP) (2019): 1.089.
- Clasificación Integrada de Revistas Científicas (CIRC):
Ciencias Sociales: A.

ÍNDICE

	Página
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Pensamiento computacional.....	2
1.2. Robótica educativa.....	5
Capítulo 2. Estructura de la Tesis por compendio de publicaciones.....	9
2.1. Justificación de la Tesis.....	9
2.2. Cohesión entre los artículos que componen el compendio	13
Capítulo 3. Objetivos.....	17
Capítulo 4. Método.....	21
4.1. Diseño observacional.....	24
4.2. Participantes.....	26
4.3. Instrumento de observación.....	27
4.3.1. Descripción de los criterios del instrumento de observación.....	30
4.3.2. Asignación de un sistema de codificación.....	38
4.4. Procedimiento.....	40
4.5. Registro y codificación de los datos.....	45
4.6. Calidad del dato.....	47
4.6.1. Requisitos de constancia inter-sesional.....	47
4.6.2. Fiabilidad de los datos.....	48
4.6.3. Generalizabilidad de los resultados.....	49
4.7. Análisis de los datos.....	50
4.7.1. Análisis secuencial de retardos.....	51
4.7.2. Análisis de coordenadas polares.....	52
4.7.3. Detección de <i>T-patterns</i>	55

Capítulo 5. Resultados. Trabajos publicados.....	57
5.1. Estudio 1: Propuesta inicial, estudio previo.....	61
Terroba, M., Ribera, J.M., y Lapresa, D. (2021). Pensamiento computacional en la resolución de problemas contextualizados en un cuento en Educación Infantil. <i>Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia</i> , 9 (2), 73-92.	
5.2. Estudio 2: Propuesta de intervención optimizada, análisis comparativo global..	105
Terroba, M., Ribera, J.M. y Lapresa, D. (2021). Cultivando el talento matemático en Educación Infantil mediante la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del pensamiento computacional. <i>Contextos Educativos. Revista de Educación</i> , 28, 65-85. http://doi.org/10.18172/con.5008	
5.3. Estudio 3: Propuesta metodológica para la evaluación del programa de intervención.....	137
Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D., y Anguera, M. T. (2021). Education intervention using a ground robot with programmed directional controls: observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education [Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil]. <i>Revista de Psicodidáctica</i> , 26 (2), 143-151. https://doi.org/10.1016/j.psicod.2021.03.001	
5.4. Estudio 4: Resultados obtenidos en 1º de Educación Infantil.....	167
Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D., y Anguera, M. T. (2021). Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil -3 años- mediante una propuesta de resolución de problemas con un robot de suelo de direccionalidad programada. <i>Revista de Educación a Distancia (RED)</i> , 21(68). http://dx.doi.org/10.6018/red.480411	

5.5. Estudio 5: Resultados obtenidos en 3° de Educación Infantil.....	199
<p>Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D., y Anguera, M. T. (2022). Observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education (5 years old) through an intervention proposal with a ground robot of programmed directionally. <i>European Early Childhood Education</i>, 30 (3), online first, 1-19. . https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2055102</p>	
Capítulo 6. Discusión.....	231
6.1. Adecuación de la propuesta.....	233
6.1.1. De la resolución en función del <i>step</i> , de la edad y del tiempo.....	233
6.1.2. Del análisis de residuos ajustados en la co-ocurrencia (retardo 0).....	235
6.1.3. De los resultados del análisis de coordenadas polares.....	241
6.2. Justificación de la propuesta de intervención.....	248
Capítulo 7. Conclusión.....	251
7.1. Implicaciones para la práctica docente.....	256
7.2. Limitaciones.....	258
7.3. Líneas futuras de investigación.....	258
Referencias.....	261
Anexos.....	279
<p>Copia íntegra de los artículos que componen el compendio de publicaciones tal y como han sido publicados en su versión editorial definitiva.</p>	

Capítulo 1. Introducción

La nueva era educativa está marcada por los avances digitales y la introducción en las escuelas de disciplinas como la robótica y la programación desde edades muy tempranas (Barron et al., 2011; Bers et al., 2014). La omnipresencia de los medios digitales en la generalidad de los hogares hace que, desde la primera infancia, los más pequeños se sumerjan en el consumo de este tipo de recursos.

Las tecnologías digitales poseen un enorme potencial educativo que pueden contribuir a la mejora del proceso de enseñanza aprendizaje, ya que permiten personalizar el aprendizaje adaptándose a los diferentes ritmos de los escolares (Barron et al., 2011). Del mismo modo, permiten la adquisición de una mayor concienciación y dominio de los estudiantes sobre sus propias acciones y sobre su razonamiento y contribuyen a una “matematización” de las diferentes experiencias (Barron et al., 2011; Sarama y Clements, 2004).

La robótica educativa, entendida como un modelo pedagógico interdisciplinar, proporciona experiencias cautivadoras y placenteras para los escolares más pequeños. De forma lúdica los estudiantes resuelven tareas que implican el razonamiento lógico y la resolución de problemas (Bers, 2018; Bers et al., 2014; Mercader et al., 2017).

Los proyectos de robótica que se aplican en las aulas de los centros educativos permiten que los escolares aprendan a programar y a codificar a través de los dispositivos tecnológicos, como es el caso de los robots educativos, y contribuyen de manera eficaz a dotar de significatividad a los aprendizajes que van construyendo (Bers, 2008; Terroba, Ribera y Lapresa, 2021a; Terroba, Ribera y Lapresa, 2021b).

Las investigaciones realizadas en el ámbito educativo han evidenciado que los estudiantes de Educación Infantil son capaces de diseñar, construir y programar proyectos

robóticos (Bers et al., 2002). Los estudiantes aprenden mejor al implicarse en el proyecto y en la construcción de sus propios artilugios, reflexionan sobre sus aciertos y errores y van construyendo su propio aprendizaje dotado de sentido y significado (Bers et al., 2002).

El empleo de materiales manipulativos para ayudar a los escolares a pensar y alcanzar una comprensión más profunda de los conceptos mediante la experimentación no es algo nuevo, sino que se remonta a hace más de dos siglos (Brosterman, 1997). Recientemente se han creado “manipuladores digitales” que introducen a los más pequeños en el pensamiento computacional y se constituyen como una buena oportunidad de iniciar a los estudiantes en el mundo de la tecnología (Bers et al., 2002).

Se hace patente la necesidad de crear entornos tecnológicos en los centros educativos que permitan a los estudiantes aprender haciendo, de un modo activo y lúdico. Mediante la integración de tecnologías robóticas en las aulas se puede favorecer el desarrollo del pensamiento concreto y contribuir, en gran medida, al aprendizaje de conceptos abstractos (Bers, 2008). Además, su uso va a permitir el establecimiento de conexiones entre los diversos conocimientos del alumnado y va a provocar una auto reflexión sobre su propio conocimiento y sus experiencias de aprendizaje. La integración de tecnologías robóticas en las aulas de Educación Infantil tiene muchos beneficios para el desarrollo del alumnado (Bers et al., 2002; Bers, 2008; Rogers y Portsmore, 2004).

1.1. Pensamiento computacional

El pensamiento computacional hace referencia al conjunto de actuaciones que se ven comprometidas en la formulación de problemas, de tal manera que las soluciones se puedan interpretar a modo de pasos y algoritmos computacionales (Aho, 2012).

Los infantes de gran parte del planeta están creciendo en ambientes repletos de dispositivos inteligentes. Esta realidad está provocando que la introducción en las escuelas de la metodología STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) se esté convirtiendo en una prioridad educativa. Este enfoque educativo interdisciplinario promueve la codificación y el desarrollo del pensamiento computacional (Bers et al., 2019; Manches y Plowman, 2017). Los programas STEM desarrollados en Educación Infantil han puesto en funcionamiento los mecanismos necesarios para llevar a cabo actividades robóticas que, además de contribuir al desarrollo de la motricidad fina, introducen al alumnado en la codificación, proporcionando experiencias lúdicas y adecuadas a su desarrollo incluyendo la resolución de problemas y el pensamiento lógico y abstracto (Bers, 2018; Bers et al., 2019). La robótica entendida como ciencia, ha sido seleccionada para trabajar la metodología STEM al integrar las diferentes disciplinas de una manera aplicada (Kazakoff et al., 2013). La integración de actividades de programación y robótica en la primera infancia puede contribuir a mejorar las habilidades de secuenciación y estructuración, alcanzando un impacto mayor que el simple hecho de mejorar el conocimiento STEM (Kazakoff y Bers, 2011).

La mayoría de trabajos de investigación sobre robótica y pensamiento computacional han centrado su atención en la escolarización en etapas posteriores a la Educación Infantil pero autores como Resnick et al. (1998) consideran factible y positivo el uso de manipuladores robóticos en escolares de esta etapa educativa, siempre y cuando las actividades propuestas sean divertidas y se lleven a la práctica de modo natural. El empleo de la robótica en las aulas permite a los escolares alcanzar un elevado nivel de dominio de codificación y habilidades de pensamiento computacional (Benitti, 2012). El alumnado de Educación Infantil puede aprender a codificar desde edades tempranas (Cejka et al., 2006; Sullivan y Bers, 2016).

En Europa se ha abierto un debate sobre la introducción de habilidades de pensamiento computacional en los planes de estudio. La Comisión Europea se ha comprometido de manera activa en este asunto y está promoviendo una agenda digital para la introducción de la codificación como la nueva alfabetización del siglo XXI (Bers et al., 2019; Moreno-León y Robles, 2015). Son varios los países europeos que han incluido la codificación en sus currículos oficiales, con planteamientos diferentes y realizando adaptaciones en los distintos niveles educativos para adecuarse a la edad del alumnado. En España el RD 95/2022 incluye en Educación Infantil, dentro del área de Descubrimiento y Exploración del Entorno, el desarrollo de las destrezas del pensamiento computacional como medio de interpretación de la realidad. El RD 157/2022 incluye en Educación Primaria, dentro del área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural y del área de Matemáticas, el pensamiento computacional como una de las destrezas clave en el futuro del alumnado. Dieciséis países han integrado la codificación en sus planes de estudio, entre los que se encuentra España que, junto con Francia ha realizado avances notables para integrar la codificación en el currículo desde el 2014, con el propósito de desarrollar habilidades de pensamiento lógico en los estudiantes y habilidades de resolución de problemas centradas en competencias clave y en aptitudes de codificación. Dichas destrezas no son exclusivas de la informática, sino que también se introducen en otras materias curriculares como es el caso de las matemáticas, dándole un enfoque transversal (Balanskat y Engelhardt, 2015; Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2018).

En esta nueva realidad educativa, el pensamiento computacional adquiere una notable importancia y se sitúa en el eje de la innovación educativa entendida como un conglomerado de habilidades de resolución de problemas que deben enseñarse a los estudiantes de las nuevas generaciones (Román-González et al., 2015). A pesar de haber

consenso en la necesidad de la inclusión del pensamiento computacional en los planes de estudio de los distintos países, a día de hoy no existe unanimidad ni en el modo de inclusión en los currículos oficiales, ni en la consideración de una única definición formal sobre el mismo (Gouws et al., 2013). Jeanette Wing en su artículo *Computational Thinking* especificó, para definir el pensamiento computacional, que “implica la resolución de problemas, el diseño de sistemas y la comprensión de la conducta humana, haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática” (Wing, 2006, p. 33). Dos años más tarde, Wing detalló que el pensamiento computacional hace referencia a los procesos de pensamiento que se relacionan con la resolución de problemas y que pueden ser representados por herramientas procesadoras de información (Wing, 2008). Un paso más lejos en la definición es la formulación presentada por Aho (2012) que señala que el pensamiento computacional implica los procesos de pensamiento que se ponen de manifiesto en la resolución de problemas y que a su vez puedan ser representados mediante algoritmos y pasos computacionales. Con todo ello se puede inferir que el pensamiento computacional es un modo de determinar, comprender y resolver problemas por medio de nociones características de la informática (Bers et al., 2019).

La enseñanza de la robótica y de la programación en los centros educativos permite introducir conceptos informáticos y de programación que posibilitan el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en el alumnado (Bers, 2008).

1.2. Robótica educativa

La robótica educativa brinda una manera lúdica y tangible para que los escolares se impliquen en la realización de tareas que requieren nociones de tecnología e ingeniería durante los primeros y decisivos años de su infancia (Sullivan y Bers, 2016).

Las iniciativas que impulsan la enseñanza de robótica y programación en los aprendices de menor edad están cobrando popularidad al ofrecer un enorme potencial para el desarrollo motor fino, cognitivo y social de los escolares (Bers, 2008; Bers et al., 2013).

Asimismo, no sólo permiten enseñar conceptos vinculados con la tecnología y con la ingeniería. El empleo de la robótica y la programación en Educación Infantil puede contribuir al desarrollo de habilidades cognitivas, del lenguaje y de la memoria visual en nuestro alumnado (Clements, 1999). Los kits robóticos educativos constituyen una nueva generación de manipuladores que contribuyen eficazmente al desarrollo de una mejor comprensión de conceptos matemáticos como son el número, la forma y el tamaño, de modo análogo a los materiales habituales en las aulas de Educación Infantil como son bloques de piezas, abalorios y pelotas (Brosterman, 1997; Resnick et al., 1998).

Una de las ventajas que ofrece el uso de manipuladores robóticos en las aulas de Educación Infantil es que no implican estar sentados únicamente frente a un dispositivo electrónico, sino que va más allá, permitiendo el desarrollo de habilidades motrices y óculo-manuales y la interacción y trabajo en equipo con sus iguales. Trabajar en equipo en Educación Infantil es altamente beneficioso para los infantes, les permite desarrollar habilidades para relacionarse con sus iguales, incrementando la empatía y el compañerismo y contribuye al desarrollo de una autoestima saludable (Lee et al., 2013).

Por otro lado, las actividades de robótica educativa llevadas a cabo en las aulas fomentan el desarrollo del pensamiento computacional (Sullivan y Bers, 2016; Wing, 2006). Resnick (2013, p. 5) indica que cuando los escolares se instruyen en un lenguaje de programación, “no sólo están aprendiendo a codificar, están codificando para aprender”. Asimismo, aprenden nociones matemáticas y de computación al tiempo que aprenden habilidades de resolución de problemas, de diseño de propuestas y de

transmisión de ideas. Se sumergen en la resolución de problemas haciendo uso de medios computacionales de forma sistemática que les permite aprender y expresarse con lenguajes propios de la programación (Sullivan y Bers, 2016). Al trabajar en las aulas la robótica y los lenguajes de programación, no sólo se favorece en el alumnado la adquisición de habilidades de comunicación. El aprendizaje va más allá, aprenden a dividir los problemas más complejos en partes más sencillas, descubren cómo identificar y corregir los errores, cómo trabajar en equipo y a perseverar en los intentos (Resnick, 2013).

La robótica es una herramienta que permite ayudar al alumnado en la concreción de ideas abstractas, ya que los estudiantes pueden comprobar directamente la asociación entre los comandos elegidos en su programación y las acciones ejecutadas por los robots (Bers, 2008). Los entornos de programación basados en el constructivismo favorecen que el alumnado se involucre en el pensamiento sobre su propio pensamiento, espacio en el que se puede alcanzar una concreción de las ideas abstractas y favorecer la reflexión (Papert, 1980).

La inclusión de tecnologías robóticas en las aulas de Educación Infantil presenta muchos beneficios para el desarrollo (Bers et al., 2002; Bers, 2008; Rogers y Portsmore, 2004), fomenta la creatividad de los escolares, ayuda a la planificación y secuenciación de tareas, estimula el lenguaje y contribuye al desarrollo de habilidades de resolución de problemas (Kazakoff et al., 2013). El alumnado sujeto a entornos de lenguajes de programación mejora significativamente en pruebas matemáticas, razonamiento y resolución de problemas, prospera en la atención y posibilita un disfrute del aprendizaje (Clements et al., 2001). La programación infantil de robots educativos permite a los escolares aprender y aplicar nociones de pensamiento computacional como la

abstracción, automatización y descomposición en partes más sencillas (Kazakoff et al., 2013; Mioduser et al., 2009; Mioduser y Levi, 2010; Resnick, 2006).

En definitiva, la programación de dispositivos tecnológicos se constituye como una habilidad esencial del siglo XXI (Jenkins et al., 2006; Rushkoff, 2010).

Capítulo 2. Estructura de la Tesis por compendio de publicaciones

2.1. Justificación de la Tesis

Durante las últimas décadas se está impulsando la introducción de la programación y del pensamiento computacional en Educación Infantil. La robótica educativa se erige como la herramienta perfecta para lograr tales fines. Las investigaciones relativas a la conveniencia del uso de programación en la etapa educativa están en continuo crecimiento (Pérez y Diago, 2018). En lo relativo a la educación matemática, se está poniendo de manifiesto que la puesta en marcha de tareas computacionales es beneficioso para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas matemáticos y de los procesos implicados en el razonamiento lógico (Clements y Sarama, 2002; Hoyles y Lagrange, 2010; Shute et al., 2017). La integración de la robótica en las aulas permite nuevas y mejores oportunidades de aprendizaje entre los más pequeños.

Los avances producidos en los últimos años, la creencia en la posibilidad de introducir proyectos robóticos en Educación Infantil y las ventajas que supone la incorporación de la robótica en las aulas ha incrementado la investigación en este campo y ha favorecido el desarrollo de propuestas de intervención que propician el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil. Las actividades de programación de robots en las aulas de Educación Infantil fomentan el desarrollo de la creatividad, las habilidades de secuenciación, el desarrollo del lenguaje, social y cognitivo, a la vez que mejoran las habilidades de resolución de problemas (Kazakoff et al., 2013).

Por medio de la presente investigación se pretende estudiar el desarrollo del pensamiento computacional en los escolares de 3 a 6 años de edad, la secuenciación y descomposición de los problemas o retos planteados en tareas más sencillas, el

reconocimiento de patrones, la abstracción o identificación de atributos esenciales y el diseño de instrucciones algorítmicas que faciliten la resolución de los problemas. Procesos detallados por Jeanette Wing (2006), en su artículo *Computational Thinking*, erigido como ensayo fundador de la disciplina.

La codificación se está convirtiendo en la nueva alfabetización del siglo XXI. Se erige como un nuevo lenguaje a través del cual los niños pueden aprender a codificar mediante una metodología lúdica (Bers, 2018). Estudios recientes corroboran la posibilidad de introducir esta nueva alfabetización en las aulas de Educación Infantil, en escolares con edades comprendidas entre los 3 y los 6 años de edad (Bers, 2018; Bers et al., 2002; Cejka et al., 2006; Kazakoff et al., 2013). La alfabetización tradicional entendida como la simple lectura de las letras de un texto puede ser insuficiente para alcanzar el éxito en el siglo en el que vivimos. Los estudiantes también precisan una alfabetización digital y adaptada a su edad que les permita leer, interpretar información para juzgarla y comunicarse de modo fluido a través de diferentes recursos tecnológicos (Kazakoff et al., 2013).

Los proyectos de robótica ofrecen a los escolares una nueva forma de aprendizaje a través de la manipulación que les permite explorar la realidad que les rodea de forma diferente aportando nuevos conocimientos y maneras de pensar (Bers et al., 2002). Los entornos computacionales ofrecen herramientas que contribuyen al aprendizaje y a la construcción de proyectos significativos (Resnick et al., 1996) y fomentan la resolución de problemas y estimulan el desarrollo de la creatividad a la vez que proporcionan nuevas formas de evaluar al alumnado, permitiendo una retroalimentación del proceso y una individualización de la enseñanza (Gee, 2008).

La integración de tareas de robótica y programación con los escolares de 3 a 6 años de edad no sólo contribuye a la mejora de sus conocimientos en *Science, Technology,*

Engineering and Mathematics (STEM), también contribuye eficazmente en el desarrollo de sus habilidades de secuenciación. Permite al alumnado aprender a ordenar sucesivamente una serie de elementos, siendo la secuenciación uno de los objetivos tradicionales en las escuelas infantiles (Kazakoff y Bers, 2011). La programación de robots educativos consiste en preparar el dispositivo para que funcione del modo esperado, usando comandos que representan unos movimientos determinados en una secuencia correcta que permita al robot ejecutar acciones que le lleven a desplazarse de una manera determinada. Esto implica en los escolares la comprensión de la lógica de la secuencia de instrucciones. La robótica proporciona una oportunidad excepcional de amaestramiento para que los escolares realicen aprendizajes significativos, brindándoles oportunidades educativas para aprender haciendo, procurando una mejor enseñanza. Permite a los estudiantes reflexionar sobre sus propias propuestas, facilitando experiencias tempranas en el mundo de la tecnología que hace que se convierta en un entorno motivador e interesante. Dichos procesos también proveen información sobre el modo de aprender de los infantes (Cejka et al., 2006).

Los entornos de programación construccionistas, como son los entornos con manipuladores robóticos en Educación Infantil, permiten involucrar a los escolares en el pensamiento sobre su propio pensamiento, lo que les facilita la comprensión de conceptos abstractos al convertirse en situaciones concretas que pueden estar sujetas a la reflexión (Papert, 1980). La Educación Infantil se preocupa por dotar de significatividad a los aprendizajes involucrando a los más pequeños en su propio aprendizaje. Bers et al. (2002) señalan cuatro pilares del construccionismo como filosofía educativa:

- a) el enfoque construccionista de la educación, que apoya la necesidad de crear entornos computacionales que permitan a los escolares aprender haciendo, mediante la investigación activa, proporcionando aprendizajes significativos,

b) la importancia de los objetos, para ayudar en el desarrollo del pensamiento y proporcionar una mejor comprensión de los fenómenos abstractos. El potencial que ofrece la manipulación de objetos para aprender y pensar ha sido tradicionalmente reconocido en la Educación Infantil. Desde la primera década de 1800, Montessori y Froebel diseñaron una serie de manipuladores con el fin de ayudar a los escolares a lograr una mejor comprensión de la realidad (Brosterman, 1997). Hoy en día, las aulas de Educación Infantil están repletas de manipuladores diseñados para tal fin. Recientemente, con el mismo propósito, se han creado manipuladores robóticos que permiten integrar el poder computacional en los materiales tradicionales y presentan una magnífica oportunidad para introducir a los infantes en el mundo tecnológico (Bers et al., 2002),

c) las ideas poderosas, entendidas como herramientas intelectuales, brindan conexiones entre los otros conocimientos y permiten establecer conexiones entre los antiguos aprendizajes y los nuevos;

d) la autorreflexión, básica en el proceso de enseñanza-aprendizaje, permite a los escolares comprender sus errores y autocorregirse.

El trabajo que se expone en esta tesis doctoral se ha fundamentado en los principios fundamentales de la Educación Infantil como son el aprendizaje significativo, aprender a aprender, aprender haciendo, trabajo en equipo, todo ello, partiendo de los intereses del alumnado y motivando el aprendizaje a través de un cuento que ha transportado al alumnado a un mundo mágico en el que se abre todo un mundo de posibilidades. El estudio del desarrollo del pensamiento computacional en los escolares de Educación Infantil, entendido como destreza fundamental para la solución de problemas matemáticos y las habilidades de resolución de problemas, ha sido la base de la investigación realizada.

La principal innovación que se presenta consiste en la introducción de un proyecto de robótica adaptado a los tres niveles del Segundo Ciclo de la etapa de Educación Infantil, fundamentado en un cuento que presenta una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente cuya resolución debe implementarse por medio de un robot de suelo de direccionalidad programada, para lo cual la codificación y la programación del robot se constituyen como elementos fundamentales para el análisis y desarrollo del incipiente pensamiento computacional.

Existe una demanda actual de introducir habilidades de pensamiento computacional en los planes de estudio de diversos países, entre los que se encuentra España (Balanskat y Engelhardt, 2015; Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2018) y esta investigación muestra un enfoque para lograrlo en los diferentes niveles de la etapa de Educación Infantil.

2.2. Cohesión entre los artículos que componen el compendio

Esta tesis doctoral se presenta en la modalidad de “compendio de publicaciones”. Los artículos que la componen se encuentran estructurados en un trabajo de investigación planificado y orientado a la consecución del desarrollo del pensamiento computacional en el segundo ciclo de Educación Infantil. Dichos artículos están perfectamente diferenciados y cohesionados entre sí.

El estudio 1, denominado “Pensamiento computacional en la resolución de problemas contextualizados en un cuento en Educación Infantil” es un estudio previo realizado en los tres niveles de Educación Infantil, que pretende analizar el proceso de resolución de problemas matemáticos empleados por el alumnado. A diferencia de otros estudios, propone la creación de experiencias generadoras de interés y autoestima, aplicando la teoría de flujo, introducida por Csikszentmihalyi y Csikszentmihalyi (1998).

La creencia en las posibilidades que las personas tienen sobre ellas mismas, el interés con el que afrontan las tareas y las emociones que afloran en su realización, son esenciales en el proceso de aprendizaje (Montoro y Gil, 2011). Este estudio piloto aporta resultados interesantes respecto a las diferencias por edades en el proceso de la planificación y la ejecución de la resolución. En dicho estudio se analiza también el uso de tarjetas para la secuenciación y planificación de los recorridos. Las conclusiones aportadas en dicho estudio motivan el desarrollo de una propuesta de intervención que se concreta en el estudio siguiente.

El estudio 2, titulado “Cultivando el talento matemático en Educación Infantil mediante la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del pensamiento computacional” se centra en el diseño de una propuesta que permita llevar a cabo el análisis del desarrollo del pensamiento computacional en el alumnado de Educación Infantil, situado en el eje de la innovación educativa (Bers et al., 2019; Román-González et al., 2015). Ofrece información relativa de cada uno de los niveles educativos de la etapa en función de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta el tiempo empleado para las resoluciones. La intervención efectuada aporta información sobre el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en las que se involucra el pensamiento computacional.

El estudio 3, nombrado “*Education intervention using a ground robot with programmed directional controls: observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education* [Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil]” presenta una propuesta metodológica para la evaluación del programa de intervención, mostrado en el estudio 2. Se ha diseñado un sistema de observación, al amparo de la metodología observacional

(Anguera, 1979), que permite realizar un análisis de las conductas de los escolares en el proceso de resolución.

El estudio 4, denominado “Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil-3 años mediante una propuesta de resolución de problemas con un robot de suelo de direccionalidad programada” permite caracterizar las aptitudes para el pensamiento computacional de los estudiantes de primero de Educación Infantil -3 años- mediante las soluciones dadas en una trayectoria de resolución de problemas que constituyen la propuesta de intervención, mediante el uso de un robot educativo. La investigación desarrollada, sigue la línea de investigaciones recientes que demuestran que los niños de Educación Infantil pueden realizar tareas de robótica y programación (Bers, 2008; Bers et al., 2002; Cejka et al., 2006; Kazakoff et al., 2013).

El estudio 5, que se titula “*Observational analysis of the development of computational thinking in Early Childhood Education (5 years old) through an intervention proposal with a ground robot of programmed directionality*” determina los rasgos distintivos del pensamiento computacional del alumnado de tercero de Educación Infantil -5 años- en el desarrollo de una propuesta de intervención para el acrecentamiento del pensamiento computacional mediante la resolución de problemas matemáticos englobados en una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente para lo que se emplea un robot de suelo manipulativo. El registro sistematizado (Anguera et al., 2011) de la conducta desplegada permite realizar un análisis del comportamiento de los escolares durante el proceso de resolución.

Una vez terminados los estudios 4 y 5, centrados en la caracterización del pensamiento computacional entre los más pequeños del segundo ciclo de Educación Infantil (3 años) y los mayores de la etapa (5 años), se ha procedido a la comparativa entre

ambos cursos para obtener información relativa al desarrollo gradual de las habilidades del pensamiento computacional a lo largo de la etapa de Educación Infantil.

Capítulo 3. Objetivos

El objetivo general del trabajo es diseñar una propuesta de intervención adecuada para cada uno de los tres niveles del segundo ciclo de Educación Infantil que permita el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en los escolares de estas edades, mediante la introducción de actividades de robótica.

Del mismo se derivan unos objetivos específicos:

1. Realizar una aproximación e identificar los aspectos clave para la elaboración de una propuesta de trayectoria de resolución de problemas matemáticos en Educación Infantil mediante el uso de pensamiento computacional.
2. Presentar una propuesta de una secuencia de resolución de problemas de dificultad creciente para el desarrollo del pensamiento computacional mediante el empleo de un robot de suelo de direccionalidad programada.
3. Analizar la adecuación de la propuesta de resolución de problemas al pensamiento computacional del alumnado de los tres cursos del segundo ciclo de Educación Infantil, a partir de las resoluciones ofrecidas y del tiempo empleado en la resolución de cada uno de los problemas que componen la trayectoria.
4. Diseñar un sistema de observación del que se aporten evidencias de validez de contenido, fiabilidad, generalizabilidad y operatividad, que permita el análisis e interpretación de la conducta desplegada en el desempeño de la propuesta de intervención.
5. Caracterizar el pensamiento computacional en el alumnado del primer curso de Educación Infantil, 3 años, durante la resolución de cada uno de los

problemas de dificultad creciente que constituyen la propuesta de intervención.

6. Caracterizar el pensamiento computacional en el alumnado del primer curso de Educación Infantil, 5 años, durante la resolución de cada uno de los problemas de dificultad creciente que constituyen la propuesta de intervención.
7. Adecuar la propuesta de intervención para cada uno de los cursos de Educación Infantil a partir de los resultados obtenidos.

Cada uno de los objetivos específicos muestra una relación directa con el artículo en el que se satisface, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Relación entre los objetivos específicos y el artículo en el que se satisfacen

Estudio	Artículo	Objetivos específicos
Estudio 1	Terroba, M., Ribera, J. M., y Lapresa, D. (2021). Pensamiento computacional en la resolución de problemas contextualizados en un cuento en Educación Infantil. <i>Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia</i> , 9 (2), 73-92.	Objetivo específico 1
Estudio 2	Terroba, M., Ribera, J.M. y Lapresa, D. (2021). Cultivando el talento matemático en Educación Infantil mediante la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del pensamiento computacional. <i>Contextos Educativos. Revista de Educación</i> , 28, 65-85. http://doi.org/10.18172/con.5008	Objetivos específicos 2 y 3
Estudio 3	Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D., y Anguera, M. T. (2021). Education intervention using a ground robot with programmed directional controls: observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education [Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil]. <i>Revista de Psicodidáctica</i> , 26 (2), 143-151. https://doi.org/10.1016/j.psicod.2021.03.001	Objetivo específico 4
Estudio 4	Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D. y Anguera, M. T. (2021). Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil-3 años mediante una propuesta de resolución de problemas con un robot de suelo de direccionalidad programada. <i>Revista de Educación a Distancia (RED)</i> , 21(68). http://dx.doi.org/10.6018/red.480411	Objetivo específico 5
Estudio 5	Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D., y Anguera, M. T. (2022). Observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education (5 years old) through an intervention proposal with a ground robot of programmed directionally. <i>European Early Childhood Education</i> , online first, 1-19. https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2055102	Objetivo específico 6

El objetivo 7 se satisface en el documento de tesis doctoral, teniendo en cuenta los resultados correspondientes a la edad de 3 años y de 5 años (primero y último curso, del segundo ciclo de Educación Infantil).

Capítulo 4. Método

La presente investigación se ha desarrollado al amparo de la metodología observacional, procedimiento científico que permite analizar el comportamiento natural y usual del alumnado objeto de estudio en su contexto ordinario (Anguera, 1979; Portell, Anguera, Chacón-Moscoso et al., 2015; Sánchez-Algarra y Anguera, 2013), mediante el registro y cuantificación de la ocurrencia de conductas observables por medio de un instrumento de observación idóneo y unos parámetros adecuados, con el fin de realizar un análisis de las relaciones de secuencialidad, asociación y covariación (Anguera, 2010; Portell, Anguera, Hernández-Mendo et al., 2015; Sánchez-Algarra y Anguera, 2013). La metodología observacional permite obtener datos cualitativos y cuantitativos de una investigación con el propósito de analizar y profundizar en el estudio de la realidad observada (Anguera y Hernández-Mendo, 2016; Sánchez-Algarra y Anguera, 2013). El propósito de los estudios observacionales consiste en analizar la realidad que se puede percibir, fundamentándose en el respeto a la espontaneidad del comportamiento y a la naturalidad de las circunstancias que condicionan los hechos -características de la observación sistemática-, no existiendo una provocación para la obtención de las respuestas y por lo tanto no viéndose influenciado por variables extrañas (Anguera, Portell et al., 2018; Anguera et al., 2020). La observación es un método eficaz para la recopilación, procesamiento y análisis de la información de las conductas e interacciones que suceden de modo natural y que no es posible estudiar en un entorno artificial (Anguera, 2010; Anguera, Portell et al., 2018), ofreciendo flexibilidad y rigor, debido a que se fundamenta en principios científicos sólidos (Anguera, Portell et al., 2018; Portell, Anguera, Chacón-Moscoso et al., 2015).

El procedimiento que da consistencia y cohesión a la metodología observacional se fundamenta en una sucesión de macro etapas, inicialmente de carácter en esencia cualitativo, y posteriormente sistematiza el registro de los datos obtenidos por medio del instrumento de observación, con el fin de transformarlo en matrices de códigos cuantificables (Anguera, Portell et al., 2018). Es por ello que numerosos autores estiman la metodología observacional como *mixed method* en sí misma (Anguera y Hernández-Mendo, 2016; Anguera et al., 2017; Anguera, Blanco-Villaseñor et al., 2018). En las últimas décadas han crecido los trabajos en investigaciones basados en los *mixed methods*, produciéndose una evolución en la conceptualización de los mismos (Anguera y Hernández-Mendo, 2016), como lo corroboran las diecinueve definiciones que reúnen Johnson et al. (2017), entre la que se encuentra:

Mixed methods research is the type of research in which a researcher or team of researchers combines elements of qualitative and quantitative research approaches (e.g., use of qualitative and quantitative viewpoints, data collection, analysis, inference techniques) for the broad purposes of breadth and depth of understanding and corroboration (Johnson et al., 2007, p. 123).

Los *mixed methods* se emplean en los campos educativo, psicológico, sanitario y social, combinando técnicas, conceptos o lenguajes cuantitativos y cualitativos en un único estudio o en una serie de estudios relacionados entre sí (Anguera y Hernández-Mendo, 2016; Fakis et al., 2014).

Son diversas las opciones estudiadas para cuantificar y transformar los datos obtenidos en una investigación, siendo temas de estudio reiterados (Bazeley, 2009; Creswell et al., 2003; Sandelowski et al., 2009; Schoonenboom et al., 2018). Creswell y Plano Clark (2017) distinguen tres maneras de combinar los elementos cuantitativos y cualitativos: fusionar o hacer converger ambas bases de datos (opción *merge*); conectar

las dos bases de datos, para lo cual se asientan los datos obtenidos en una base sobre la otra base (opción *connect*); o incrustar una base en la otra base de datos (opción *embed*).

La metodología observacional conecta las bases de datos cualitativas y cuantitativas. Produce una sistematización del primer registro obtenido mediante el instrumento de observación diseñado y elabora una base de datos cuantificada y robusta, que no se apoya exclusivamente en parámetros de ocurrencia de conductas, o lo que es lo mismo, frecuencia; sino que también lo hace en los parámetros orden, que proporciona información sobre la secuencia; y duración, que señala el tiempo empleando unidades de tiempo establecidas (Anguera et al., 2001; Bakeman, 1978; Anguera, Portell et al., 2018; Anguera et al., 2020). Dichos parámetros se estructuran siguiendo una inclusión gradual, de manera que los datos pertinentes proporcionan una mayor capacidad explicativa (Sánchez-Algarra y Anguera, 2013). La frecuencia proporciona una información más pequeña, el orden añade a la anterior la información relativa a la secuencia de las conductas y la duración facilita información concerniente a la frecuencia, al orden y, además, incorpora datos relativos al número de unidades de tiempo para las conductas ocurrentes.

La metodología observacional posibilita la recogida de un elevado número de datos con rigurosidad y flexibilidad, y su transformación para permitir un análisis cuantitativo (Arias-Pujol y Anguera, 2017; Del Giacco et al., 2019; García-Fariña et al., 2018). Para obtener un elevado rigor es preciso partir de la co-ocurrencia de códigos de la matriz y, asimismo, realizar un registro continuo de cada una de las acciones integrantes que conforman cada suceso observado, que posibilita llevar a cabo un análisis diacrónico y, en consecuencia, permite medir el orden. De este modo, el parámetro orden es de vital importancia para descubrir estructuras enmascaradas mediante el análisis cuantitativo de las correlaciones entre los distintos códigos del conjunto de informaciones que

constituyen el registro observacional. Se pueden emplear múltiples técnicas cuantitativas para el análisis de datos categóricos, siendo muy oportunos el análisis secuencial de retardos (Bakeman, 1978) y el análisis de coordenadas polares (Anguera, 1997; Sackett, 1980). Igualmente, si se realiza un registro de las unidades de tiempo de cada co-ocurrencia se obtiene el parámetro duración, que posibilita la detección de los *T-patterns* (Magnusson, 2000, 2005). El objetivo de estas técnicas consiste en descubrir un sistema de elementos relacionados entre sí, que no son perceptibles a simple vista y analizar su evolución, con el fin de establecer una colección de resultados cuantitativos interpretados cualitativamente originando una integración continuada (Portell, Anguera, Chacón-Moscoso et al., 2015; Sánchez-Algarra y Anguera, 2013).

4.1. Diseño observacional

Se entiende por diseño observacional el patrón o guía acomodable a diferentes situaciones que posibilita la sucesión de tomas de decisión que es preciso llevar a cabo durante el estudio empírico observacional, siempre sometido a los objetivos establecidos, que afectan principalmente a la recogida, gestión y análisis de datos (Anguera et al., 2011). En consecuencia, los diseños observacionales actúan en forma de patrones valiosos para organizar los datos teniendo en cuenta los objetivos y ayudan a establecer la estrategia de análisis más idónea, con un elevado rigor y flexibilidad.

Los diseños observacionales se estructuran a partir de tres criterios dicotómicos: las unidades de estudio, la temporalidad y la dimensionalidad (Anguera et al., 2001). La intersección de estos tres criterios origina ocho diseños observacionales diferentes distribuidos en cuatro cuadrantes (véase Figura 1).

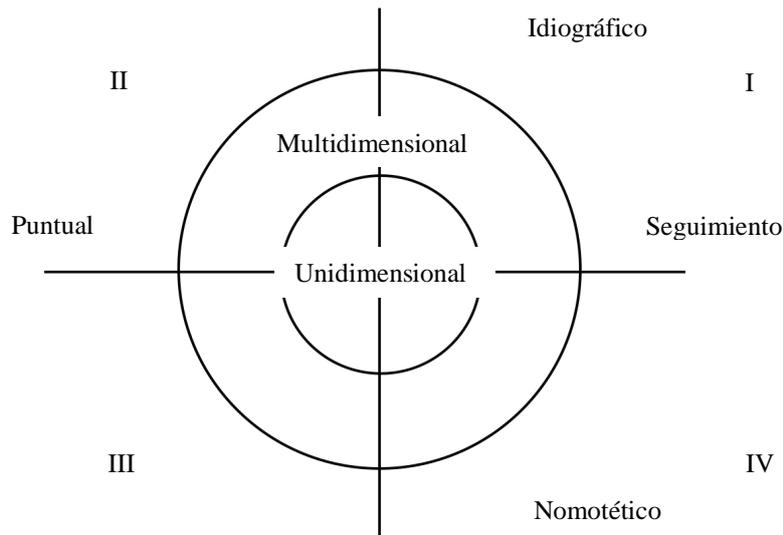


Figura 1. Diseños observacionales (Anguera, 2003)

El eje vertical hace referencia a las unidades de estudio, en el que se localizan dos posibilidades: a) idiográfica, referente a una unidad (un participante, una pareja o varios participantes que forman una unidad) y b) nomotética, existen varias unidades. La temporalidad del registro, situada en el eje horizontal permite diferenciar dos eventualidades: a) puntual, es registrado en una sola sesión y b) seguimiento, cuyo registro se sucede a lo largo del tiempo y puede concretarse, a su vez, en seguimiento inter-sesional (varias sesiones) e intra-sesional (dentro de una misma sesión). El tercer criterio, situado en las circunferencias concéntricas de la Figura 1, hace referencia a la dimensionalidad, que alude a los niveles de respuesta que se originan al producir el registro de la conducta, pudiendo distinguir entre: a) estudios unidimensionales, interesan únicamente las conductas de un único nivel de respuesta y b) estudios multidimensionales, que consideran diversos niveles de respuesta (Anguera et al., 2011).

La presente investigación se sitúa en el cuadrante IV, considerado por Anguera (2008) como el diseño de mayor complejidad. El tipo de diseño es nomotético, se observa el comportamiento de 25 alumnos/as del primer nivel, de 22 estudiantes del segundo nivel y de 24 escolares del tercer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil que actúan de modo individual; de seguimiento inter-sesional (a lo largo de los diferentes *steps* que

conforman la propuesta de intervención) e intra-sesional (produciéndose un registro de conductas *frame a frame* durante la ejecución de los *steps*); y multidimensional, recogiendo información de manera simultánea a través del registro de los criterios establecidos en el instrumento de observación.

La observación es directa exceptuando la dimensión *Instrucción de la maestra*, puesto que implica comunicación verbal, por lo que es observación indirecta (Anguera, Portell et al., 2018). Al producirse una interacción entre la observadora y el alumnado integrante de la investigación, la observación es participante.

4.2. Participantes

En esta investigación ha participado alumnado de los tres cursos del segundo ciclo de Educación Infantil del CEIP la Guindalera de Logroño. Se ha realizado un muestreo intencional, sometiendo a los participantes de cada curso a una prueba de selección, denominada “tareas de activación”. En 1º de Educación Infantil -3 años-, consistente en resolver tres tareas de dificultad creciente, realizando recorridos sobre una cuadrícula, uno corto en línea recta, otro corto con un giro, y un tercero más largo con un giro. De un total de 25 alumnos/as de la clase, 12 estudiantes (7 chicas, 58.33%; 5 chicos, 41.67%), han realizado correctamente la tarea y han pasado a formar parte de la muestra seleccionada para realizar la propuesta de intervención ($M=3.65$, $DT=0.19$). En 2º de Educación Infantil -4 años-, la prueba de selección ha determinado que sean 11 alumnos/as (3 chicas, 27.28%; 8 chicos, 72.72%), de los 22 escolares que forman la clase, los que realicen la propuesta de intervención ($M=4.65$, $DT=0.26$). Dicha prueba ha consistido en realizar cuatro tareas de activación, las del alumnado del curso anterior y una cuarta de recorrido más largo con dos giros. En 3º de Educación Infantil -5 años-, de un total de 24 estudiantes, 11 escolares (7 chicas, 63.63%; 4 chicos, 36.37%) han superado

la prueba de selección, compuesta de cinco tareas, las cuatro del curso de 2º de Educación Infantil y una última tarea que consiste en realizar un recorrido más largo que el anterior con dos giros y orientación espacial opuesta ($M=5.62$, $DT=0.29$).

El total de participantes que han realizado la propuesta de intervención ha sido de 34 estudiantes escolarizados en los tres niveles del segundo ciclo de Educación Infantil.

La investigación realizada ha sido valorada y aprobada por el Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de La Rioja (expediente nº CE-08-2020), tras obtener los pertinentes permisos y consentimientos informados de la dirección del centro educativo CEIP La Guindalera y de los padres/madres o tutores legales del alumnado escolarizado en el centro escolar, quedando garantizado el anonimato de los participantes. En todo momento se ha velado por el cumplimiento de las garantías de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los Derechos Digitales.

4.3. Instrumento de observación

Se pueden diferenciar dos clases de instrumentos en el ámbito de la metodología observacional para la recogida de datos: instrumentos de observación e instrumentos de registro, codificación y análisis. Por medio de los primeros, se seleccionan las conductas que se estiman primordiales para el estudio y mediante los instrumentos de registro se favorece la recogida de datos y su almacenamiento. La información debe ser extraída de la realidad directamente, y debe hacerse con los medios adecuados que así lo permitan. “Es un hecho incuestionable que la realidad es poliédrica, y que en un amplísimo abanico de situaciones sería muy difícil o imposible plantearse y emprender el proceso de construcción de instrumentos semi-estándar o estándar” (Anguera et al., 2007, p. 66). Los instrumentos de observación no estandarizados, elaborados *ad hoc*, resultan

imprescindibles para hacer posible una transcripción de la realidad y avalar su prevalencia (Anguera, 2003). Los instrumentos de registro, codificación y análisis son esenciales para proporcionar un control de calidad en el registro como punto de partida para el análisis de los datos (Anguera et al., 2007).

Siguiendo las consideraciones de Anguera et al. (2007), y partiendo de una revisión teórica inicial, se ha construido una primera versión del instrumento de observación. La elaboración de la herramienta de observación ha seguido un proceso dinámico de formulación inicial de categorías tentativas que han sido modificadas con posterioridad siguiendo una estrategia empírico-inductiva inicialmente y, con posterioridad, siguiendo una estrategia teórico-deductiva. Una vez lista la versión inicial de la propuesta del instrumento de observación, ha sido sometida a la prueba de cautela, que permita convertir la lista tipo catálogo de conductas en tipo repertorio, garantizándose así la exhaustividad de los sistemas de categorías desplegados en el formato de campo.

En esta fase se han utilizado registros correspondientes a estudiantes de los tres cursos del segundo ciclo de Educación Infantil que no pertenecen al muestreo observacional. Se ha diseñado un balanceo de grupos equivalentes incompleto (Arnau, 2001) para seleccionar los *steps* que pasará cada alumno/a, que queda de la siguiente manera: *step 1*, alumno de 1º Ed. Infantil; *step 2*, alumno de 3º Ed. Infantil; *step 4*, alumno de 2º Ed. Infantil; *step 6*, alumno de 1º Ed. Infantil; *step 7*, alumno de 3º Ed. Infantil. De los *steps 1 y 2*, y de los *steps 3 y 4*, se ha registrado sólo uno debido a la semejanza en la ejecución. Una vez realizados los registros correspondientes, y no habiéndose detectado categorías nuevas en ningún criterio, se ha dado por superada la prueba de cautela, aceptando las listas tipo catálogo como listas repertorio (Anguera e Izquierdo, 2006), teniendo en consideración la configuración de los sistemas de categorías desplegados en el formato de campo.

En metodología observacional, en la inmensa generalidad de los casos, es imposible habilitar un instrumento estándar, sino que es preciso prepararlo *ad hoc* para cada investigación con el fin de adecuarlo por completo tanto a la conducta como al contexto correspondiente (Bakeman y Gottman, 1989). Teniendo en cuenta la gran heterogeneidad de las conductas y los contextos en los que se dan, resulta evidente la elaboración de un instrumento específico, que puede reducirse a dos tipos diferenciados: el sistema de categorías y el formato de campo, de los cuales el sistema de categorías ha sido considerado el instrumento de observación por antonomasia (Anguera et al., 2007). En ocasiones puede darse una combinación de las dos modalidades. Ambas son elaborados *ad hoc* por el investigador y son específicas para cada estudio observacional (Anguera, 2003; Blanco-Villaseñor y Anguera, 1991). El sistema de categorías es de categoría superior por su irremplazable fundamento teórico, mientras que los formatos de campo se erigen como un instrumento de mayor flexibilidad, indicado principalmente en situaciones empíricas de gran complejidad (Anguera et al., 2007).

El sistema de categorías es una construcción realizada por el observador que permite organizar, en sentido metafórico, en una serie de receptáculos o moldes contruidos partiendo de la realidad y de un marco teórico, las conductas registradas pertenecientes a los sujetos, episodios, actividades o contextos evaluados (Anguera et al., 2007). El formato de campo, como técnica de registro (Weick, 1968) se ha recuperado en las últimas décadas, posibilitando que, hoy en día, pueda ser considerada con el rango de instrumento de observación, una vez optimizado (Anguera, 2003; Anguera et al., 2007; Anguera y Blanco-Villaseñor, 2003; Losada y Anguera, 2013).

El instrumento de observación de la presente investigación ha sido elaborado *ad hoc*, y pertenece a la modalidad de combinación de formato de campo y sistemas de categorías. En cada uno de los criterios del formato de campo que conforman el

instrumento se han anidado sistemas de categorías, de modo que la relación de conductas correspondientes a cada criterio constituyen las categorías que conforman el sistema y, por ello, cumplen las condiciones de exhaustividad y mutua exclusividad a nivel intra-criterio del formato de campo (Anguera, 2003). Con esto se consigue mantener la mayor flexibilidad de los formatos de campo, al mismo tiempo que se incorporan unas categorías rígidas como desarrollo del criterio que así lo necesite.

4.3.1. Descripción de los criterios del instrumento de observación

A continuación, se detallan, los once criterios que vertebran el instrumento de observación.

Step: El instrumento de observación consta de siete problemas o *steps* de una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente (véase Tabla 2). A su vez presenta siete categorías:

- *Step 1:* Problema en el que, para salvar al chivo chivón grande del ogro, el alumnado debe convertirse en un robot. Primero debe colocar las tarjetas que necesita y después realizar el recorrido de forma motriz.
- *Step 2:* Problema consistente en que el robot Next tiene que ir a salvar al chivo chivón grande por el camino marcado. El alumnado debe pensar las tarjetas que necesita y después introducir las órdenes en Next para que haga el recorrido.
- *Step 3:* Reto en el que Next tiene que volver a salvar al chivo chivón grande. En esta ocasión el camino es más largo y tiene más giros -un primer giro hacia la izquierda y otro giro hacia la derecha-. Los estudiantes tienen que seleccionar las tarjetas que necesita y después introducir las órdenes en Next para que lo salve.

- *Step 4:* Problema en donde Next tiene que salvar al chivo grande, pero no puede pasar por las casillas que tienen ogros. Los escolares deben recoger primero al chivo pequeño, después al chivo mediano y, finalmente, al chivo grande. Es preciso seleccionar las tarjetas necesarias e introducir las órdenes en Next para que los salve.
- *Step 5:* Problema en el que los ogros han desaparecido. Los participantes tienen que encontrar el camino para que Next salve a los tres chivos, empezando por el pequeño, siguiendo por el mediano y acabando por el grande. Los estudiantes deben escoger las tarjetas que necesitan y después introducir las órdenes en Next para que los salve.
- *Step 6:* Reto que plantea que en esta ocasión sólo queda el chivo pequeño y Next tiene que darse prisa para salvarlo. Los escolares deben encontrar el camino más corto para llegar hasta él. Para lo que tienen que elegir las tarjetas que necesitan e introducir las órdenes en Next para que lo salve.
- *Step 7:* Problema que especifica que los ogros se han ido a dormir y Next puede entretenerse por el camino para buscar al chivo pequeño. Se plantea a los escolares la búsqueda de un camino largo. Como en las anteriores ocasiones tienen que pensar las tarjetas necesarias e introducir las órdenes en Next para salvarlo.

Tabla 2. Secuencia de caminos de resolución de problemas de los siete *steps*

<i>Step</i>	<i>Secuencia de resolución</i>
<i>Step 1</i>	↑ ↑ ← ↑ ↑
<i>Step 2</i>	↑ ↑ → ↑ ↑
<i>Step 3</i>	↑ ↑ ← ↑ → ↑
<i>Step 4</i>	↑ → ↑ ← ↑ ↑
<i>Step 5</i>	↑ ← ↑ ↑ → ↑ ↑ *
<i>Step 6</i>	↑ ↑ ↑ ← ↑ ↑ ↑ *
<i>Step 7</i>	↑ ↑ ↑ ← ↑ ← ↑ ↑ ↑ → ↑ → ↑ ↑ ↑ ← ↑ *

* Problemas con solución abierta, se muestra un ejemplo de secuencia de resolución

Fase: El criterio fase hace referencia a las distintas etapas por las que pueden pasar los escolares en la resolución de los problemas. Se compone de cinco categorías:

- Determinación del recorrido previo: En el *step 1* (un giro psicomotor sobre el camino marcado en rojo), *step 2* (un giro del robot con el camino marcado en rojo), *step 3* (dos giros del robot sobre camino marcado en rojo) y *step 4* (dos giros del robot con ogros bloqueando caminos alternativos más largos), no es necesaria esta fase debido a que el camino está determinado. En el *step 5* (solución abierta: condición pequeño-mediano-grande) puede ser que no necesite el alumnado determinar previamente el recorrido. En el *step 6* (solución abierta: problema de recorrido corto) y *step 7* (solución abierta: problema de recorrido largo) es preciso determinar el recorrido previo para que el investigador comprenda por dónde quiere mandar al robot para la resolución del problema.
- Elección de tarjeta: Es preceptivo elegir la tarjeta antes de introducir las órdenes en Next. Se debe colocar la secuencia de tarjetas ordenadas sobre una base preparada para ello. Cuando el participante haya terminado esta fase

podrá pasar a la introducción de las órdenes en Next. Si una vez empezada la fase de elección tarjeta el escolar pasa a la fase de movimiento asociado de Next a la elección de tarjetas, se continúa con el mismo intento pero se cambia la fase elección de tarjeta por movimiento asociado de Next a la elección de tarjeta en el paso en el que esta situación tiene lugar. Al acabar la resolución se pone el nombre de la fase movimiento asociado de Next a la elección de tarjetas y se especifica si resuelve o no resuelve.

- Movimiento asociado de Next a la elección de tarjetas: Hay escolares que necesitan realizar esta fase y otros no. No es preceptiva. Cuando se da, se registra. Consiste en que el alumnado mueve a Next a la vez que selecciona cada tarjeta, esto le proporciona información de la posición de Next en cada momento y requiere menor abstracción espacial. Esta fase implica la elección de tarjetas por lo que, si ha habido un intento en la fase de elección de tarjetas que no ha sido resuelto y se comienza un nuevo intento con el movimiento asociado de Next a la elección de tarjetas, este intento será el siguiente al realizado en la fase elección de tarjetas.
- Motriz: Esta fase tiene lugar únicamente en el primer *step*. La resolución del problema implica desplazamiento motriz.
- Introducción en Next: Esta fase es determinante para pasar al siguiente *step*, excepto en el primer *step* cuya resolución es motriz y el alumnado no utiliza el robot de suelo. En ella el/la alumno/a introduce los valores de las tarjetas en los botones de Next que se hallan situados en la parte superior del robot. Si resuelve el *step* pasa al siguiente, en caso de no ser resuelto tiene hasta tres oportunidades para intentarlo o un máximo de cinco minutos para comenzar el último de los intentos. Si transcurridos los cinco primeros minutos, un

alumno/a no quiere introducir los valores de las tarjetas de Next seleccionadas en la fase elección de tarjetas se da por finalizado el *step* en el que se encuentra, pasando al siguiente *step* sin haber introducido valores en Next y sin registrar nada en esta fase.

- Intento intra-fase: Hace referencia a la ejecución de cada resolución de los *retos* planteados. Se da por finalizado el intento intra-fase cuando el/la alumno/a resuelve el reto y decide pasar a la siguiente fase. Si la resolución es correcta pasa al siguiente *step*, si el/la alumno/a no es capaz de resolver el problema planteado podrá volver a intentarlo de nuevo. Se establece un máximo de tres intentos por cada *step*. Una vez transcurridos cinco minutos, no podrá comenzar un nuevo intento lo que provocará que el/la alumno/a pase al *step* siguiente, independientemente de la resolución dada. Si el último intento comienza dentro de esos cinco minutos, no habrá límite de tiempo para ejecutarlo. Este criterio consta de tres categorías:
 - Intento uno: Primera de las oportunidades de resolución.
 - Intento dos: Segunda oportunidad de resolver el problema.
 - Intento tres: Tercera y última oportunidad de resolución

Eficacia intento/fase: Este criterio hace referencia a la efectividad del intento o de la fase y presenta las siguientes categorías:

- Resuelve: Si la resolución es correcta.
- No resuelve: Si la resolución es incorrecta. Si durante un intento el participante deja de seleccionar tarjetas o retira todas las tarjetas porque se da por vencido y no quiere volver a intentarlo, se finaliza la fase con un no resuelve, puesto que la fase ya había comenzado.

- Concuerta con fase tarjeta, pero no resuelve: Se registrará únicamente en la Fase Introducción en Next. El alumnado introduce las órdenes correctamente en Next, pero la resolución no es correcta.
- Resuelve pero no concuerda con la determinación previa del recorrido: Esta categoría se registrará cuando el/la alumno/a resuelve el *step* planteado pero el recorrido realizado no coincide con el camino marcado en la fase de determinación previa del recorrido.

Paso: El criterio paso hace referencia a cada uno de los elementos secuenciales que el/la alumno/a realiza para dar solución al problema. En total hay veinticuatro categorías que van desde el paso primero hasta el vigesimocuarto.

Información espacial del paso: Este criterio hace referencia a los cuatro movimientos básicos que puede ejecutar el robot, por lo tanto son cuatro las categorías que se derivan de él y que contienen la información espacial siguiente:

- Adelante: El robot o el estudiante se mueven una casilla hacia delante de donde estén situados. Se produce cambio de casilla.
- Atrás: El robot o el escolar se mueven una casilla hacia atrás de donde estén situados. Se produce cambio de casilla.
- Giro hacia la izquierda: El robot o el participante se giran hacia su izquierda dentro de la casilla en la que se encuentran. No se produce cambio de casilla, pero sí de orientación.
- Giro hacia la derecha: El robot o el estudiante se giran hacia su derecha dentro de la casilla en la que se encuentran. No se produce cambio de casilla, pero sí de orientación.

Orientación de Next respecto a la posición inicial: Este criterio hace referencia a la posición que toma Next en función de la posición inicial. En el desarrollo de la fase motriz

del *step 1* no se registrará debido a que se resuelve motrizmente y no se precisa el uso del robot.

Consta de cuatro categorías:

- Misma orientación: El robot está situado espacialmente en la misma orientación que al inicio.
- Lateral izquierda: El robot se encuentra girado hacia la izquierda respecto a la orientación inicial. El brazo izquierdo de Next señala hacia la posición inicial.
- Lateral derecha: El robot se encuentra girado hacia la derecha en relación con la orientación inicial. El brazo derecho de Next señala hacia la posición inicial.
- En espejo: El robot se encuentra con la orientación opuesta -girado 180 grados- respecto a la orientación inicial.

Orientación de Next respecto al niño: Este criterio alude a la posición que toma Next en función de la posición del estudiante. En el desarrollo de la fase motriz del *step 1* hará referencia a la orientación del escolar respecto a la secuencia de tarjetas que está interpretando.

Son cuatro las categorías de este criterio:

- Misma orientación: Igual que el estudiante.
- Lateral izquierda: El robot se encuentra girado hacia la izquierda del participante. El brazo izquierdo de Next señala hacia el escolar.
- Lateral derecha: El robot se encuentra girado hacia la derecha del estudiante. El brazo derecho de Next señala hacia el escolar.
- En espejo: El robot se encuentra con la orientación opuesta -girado 180 grados- respecto a la orientación del participante.

Adaptación de la conducta al problema planteado: Este criterio señala la respuesta dada por el/la alumno/a con el fin de dar solución al problema planteado. Existen dos categorías:

- Adaptativa: La solución que da el estudiante al elemento secuencial correspondiente lleva a la resolución del problema.
- No adaptativa: La solución que da el escolar al elemento secuencial correspondiente no conduce a la resolución del problema.

Paso retirado: Este criterio hace referencia a la retirada del paso que no conduce a la resolución del problema. Se contemplan seis categorías:

- Paso anterior: El estudiante elimina el último paso dado.
- Pasos hasta el primer error: El participante retira los pasos anteriores hasta llegar al error.
- Todos los pasos: El escolar retira todos los pasos dados y comienza el *step* desde el principio.
- La tarjeta incorrecta de la secuencia: El estudiante retira únicamente la tarjeta incorrecta de la secuencia. Cuando todos los pasos son correctos excepto uno de ellos, se reflejará esta categoría en el momento en que el escolar retire ese paso y conserve los demás intactos.
- Una tarjeta incorrecta en la secuencia: En una secuencia de tarjetas en las que hay más de una cuya elección sea no adaptativa, el participante retira sólo una tarjeta incorrecta de la secuencia. Este criterio se da al comenzar un intento nuevo que no ha sido adaptativo. Puede ir precedido del criterio “instrucción de la maestra” que promueve con su intervención un razonamiento de la resolución por parte del estudiante. Este criterio, en algunas ocasiones, se

puede dar dentro de un determinado intento y el estudiante continúa con la resolución del mismo, es decir, no implica la finalización de dicho intento.

- Una tarjeta correcta en la secuencia: El escolar retira una tarjeta correcta de la secuencia de tarjetas.

Instrucción de la maestra: Este criterio hace referencia a las intervenciones efectuadas por la maestra con el fin de que los estudiantes prosigan con la resolución. Las cinco categorías que se despliegan en el presente criterio son:

- Reconduce/promueve el razonamiento: Se registra esta categoría cuando la maestra recuerda al escolar el recorrido a seguir.
- Reconduce/sitúa al estudiante ante inacción: Se registra cuando el estudiante hace un parón en la resolución y la maestra le invita a continuar con el proceso.
- Fija el error con una pregunta: Esta categoría se registra cuando la maestra plantea interrogantes al alumnado para que identifique el error cometido.
- Manifiesta explícitamente el error cometido, pero no da respuesta: Se registra esta categoría cuando la maestra indica al estudiante el error cometido pero no da la solución.
- Manifiesta explícitamente el error cometido y da respuesta: Esta categoría se registra cuando la maestra indica al participante el error cometido y a la vez le plantea la solución correcta.

4.3.2. Asignación de un sistema de codificación.

Una vez establecidos los criterios, dimensiones o ejes del instrumento de observación, se ha especificado el catálogo exhaustivo de las diferentes categorías, que no se solapan, cumpliéndose la mutua exclusividad, en donde cada conducta y situación catalogada queda perfectamente definida.

El siguiente paso consiste en la asignación de un sistema de códigos en el que poder traducir cada una de las conductas desplegadas.

A continuación se detalla una estructura resumida del instrumento de observación elaborado *ad hoc*, perteneciente a la modalidad de combinación de formato de campo y sistemas de categorías (véase Tabla 3).

Tabla 3. Estructura resumida del instrumento de observación: criterios, categorías y códigos.

Criterios	Categorías y códigos
<i>Step</i>	<i>Step 1 (TP1), step 2 (TP2), step 3 (TP3), step 4 (TP4), step 5 (TP5), step 6 (TP6), step 7 (TP7)</i>
Fase	Determinación del recorrido previo (DPR), elección de tarjeta (ET), movimiento asociado de Next a la elección de tarjetas (MANET), motriz (MTRZ), introducción en Next (IN)
Intento intra-fase	Intento primero (I1), intento segundo (I2), intento tercero (I3)
Eficacia intento/fase	Resuelve (R), no resuelve (NR), concuerda con la fase de tarjetas pero no resuelve (CFT), resuelve pero no concuerda con la determinación previa del recorrido (RNDP)
Paso	Primer paso (P1), segundo paso (P2), tercer paso (P3), cuarto paso (P4), quinto paso (P5), sexto paso (P6), séptimo paso (P7), octavo paso (P8), noveno paso (P9), décimo paso (P10), undécimo paso (P11), duodécimo paso (P12), decimotercer paso (P13), decimocuarto paso (P14), decimoquinto paso (P15), decimosexto paso (P16), decimoséptimo paso (P17), decimoctavo paso (P18), decimonoveno paso (P19), vigésimo paso (P20), vigesimoprimer paso (P21), vigesimosegundo paso (P22), vigesimotercer paso (P23), vigesimocuarto paso (P24)
Información espacial del paso	Adelante (AD), atrás (AT), giro hacia la izquierda (GI), giro hacia la derecha (GD)
Orientación de Next respecto a la posición inicial	Misma orientación de Next respecto a la posición inicial (NPM), orientación de Next respecto a la posición inicial lateral izquierda (NPLI), orientación de Next respecto a la posición inicial lateral derecha (NPLD), orientación de Next respecto a la posición inicial en espejo (NPE),
Orientación de Next respecto al niño	Misma orientación de Next respecto al niño (NNM), orientación de Next respecto al niño lateral izquierda (NNLI), orientación de Next respecto al niño lateral derecha (NNLD), orientación de Next respecto al niño en espejo (NNE)
Adaptación de la conducta al problema planteado	Adaptativa (ADAP), no adaptativa (NOAD)
Paso retirado	Paso anterior (PA), hasta el primer error (PPE), todos (PT), la tarjeta que está incorrecta de la secuencia (PTI), una tarjeta incorrecta de la secuencia (PUTI), una tarjeta correcta de la secuencia (PUTC)
Instrucción de la maestra	La maestra reconduce/promueve el razonamiento (MRR), la maestra reconduce/sitúa al alumno ante inacción (MRI), la maestra fija el error con una pregunta (MFE), la maestra manifiesta explícitamente el error cometido pero no da respuesta (MENR), la maestra manifiesta explícitamente el error cometido y da respuesta (MEYR)

4.4. Procedimiento

Esta investigación fomenta el desarrollo del pensamiento computacional mediante la resolución de problemas matemáticos enmarcados dentro de una trayectoria de resolución de problemas matemáticos de dificultad creciente por medio del uso de un robot de suelo de direccionalidad programada.

El término trayectoria de aprendizaje hace referencia al recorrido posible mediante el cual los estudiantes consiguen progresar en su aprendizaje (Simon, 1995). A la hora de diseñarla es preciso considerar tres aspectos fundamentales: los objetivos propuestos de aprendizaje, el proceso de desarrollo didáctico y las actividades de enseñanza. Los objetivos han quedado detallados en un capítulo anterior, dedicado a los mismos, mientras que el desarrollo de la propuesta y las actividades de enseñanza se especifican a continuación.

Previo al desarrollo de la propuesta de intervención se ha procedido a realizar una fase de selección de los participantes. Esta fase inicial ha constado de tres sesiones realizadas con todo el grupo de alumnos/as de cada una de las clases de Educación Infantil. La primera sesión, constitutiva del marco simbólico de la investigación (Gowen, 1995), basada en la lectura y dramatización del cuento “Chivos chivones” de la editorial Kalandraka. La segunda sesión, de carácter psicomotor, consistente en la ejecución de tareas de orientación espacial sobre unas cuadrículas establecidas, con la realización de los cuatro movimientos básicos: pasos hacia delante y hacia atrás con desplazamiento y giros hacia la derecha y hacia la izquierda sin desplazamiento. Se diseñaron unas tarjetas específicas para el desempeño de la tarea motriz que representaban las cuatro direcciones posibles y se realizaron juegos consistentes en la ejecución de los movimientos seleccionados. Atendiendo a las consignas dadas por la maestra, los escolares debían realizar los movimientos y giros con o sin desplazamiento. La maestra se cercioró de que

las órdenes estaban claras y que eran inteligibles por el alumnado. La tercera sesión, de realización de recorridos marcados (véase Tabla 4) sobre una pauta en una cuadrícula marcada con cinta aislante en el suelo de la sala de psicomotricidad del centro educativo, similares en cuanto a su resolución motriz al *step* 1 de la propuesta de intervención, siendo tres el número de recorridos para el alumnado de 1º de Educación Infantil, cuatro para los estudiantes de 2º de Educación Infantil y cinco para los escolares de 3º de Educación Infantil.

Tabla 4. Estructura de las actividades propuestas en las tareas de activación

	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3	Tarea 4	Tarea 5
1º Ed. infantil	↑ ↑	↑ → ↑	↑ ↑ ↑ → ↑		
2º Ed. Infantil	↑ ↑	↑ → ↑	↑ ↑ ↑ → ↑	↑ ← ↑ → ↑ ↑	
3º Ed. Infantil	↑ ↑	↑ → ↑	↑ ↑ ↑ → ↑	↑ ← ↑ → ↑ ↑	↑ ↑ ↑ ← ↑ ← ↑

Las sesiones fueron grabadas con el propósito de evitar el sesgo de reactividad de los escolares durante las sesiones de observación (Anguera, 2003). La resolución correcta de las diferentes tareas propuestas en la prueba de selección son un garante de la capacidad de organización espacial y de resolución de problemas de los escolares participantes que les permitan hacer frente a la propuesta de intervención diseñada (los siete *steps*) para el desarrollo del pensamiento computacional mediante la resolución de problemas matemáticos.

La propuesta de intervención consta de siete *steps* o problemas enmarcados dentro de una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente (véase Figura 2). El primero de ellos de resolución motriz y los restantes cuya solución debe ser implementada por un robot de suelo Next 1.0. Los cuatro primeros presentan una única solución. Los tres siguientes son problemas con múltiples soluciones. Estos problemas, además, disponen de soluciones óptimas. Se entiende por solución única aquella cuya respuesta se

adapta exhaustivamente a los pasos establecidos rigurosamente necesarios para ir de la salida hasta la meta sin salirse del camino marcado. Por solución óptima se comprende la respuesta del alumnado que ofrece la ruta más corta posible, cumpliendo de la mejor manera posible con los determinantes marcados, considerando que las soluciones dadas pueden ser variadas.

Step	Problema	Representación gráfica
Step 1	Recorrido a realizar de forma motriz, siguiendo unas órdenes previamente establecidas, para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 2	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. El robot debe recorrer el camino señalado para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 3	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema que incluye con dos giros, para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 4	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. No se presenta el camino marcado. Hay unas condiciones que debe cumplir en su recorrido: recoger por orden al protagonista pequeño, al mediano y al grande. Está prohibido pasar por las casillas en las que hay un peligro	
Step 5	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. No se presenta el camino marcado. Hay unas condiciones que debe cumplir en su recorrido: recoger por orden al protagonista pequeño, al mediano y al grande	
Step 6	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema en el que el robot tiene que recorrer el camino más corto para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 7	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema en el que el robot tiene que recorrer el camino más largo para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	

Figura 2. Secuencia de la trayectoria de problemas de la propuesta de intervención.

Previamente al desarrollo de las sesiones se ha establecido un protocolo de intervención que ha guiado el desarrollo de la propuesta. La colocación de las cuadrículas, las cajas contenedoras de las tarjetas de dirección, la posición inicial de la maestra, del alumno y del robot está predefinida (véase Figura 3).



Figura 3. Disposición de materiales y colocación de una participante y de la investigadora.

Cada *step* comienza con la explicación del reto o problema a resolver, la presentación de las tarjetas disponibles (véase Tabla 5) y las condiciones que se deben satisfacer para lograr la resolución del *step*.

Tabla 5. Tarjetas de dirección

Tarjeta	Directrices
	Un movimiento hacia delante con desplazamiento.
	Un movimiento hacia atrás con desplazamiento.
	Un giro hacia la derecha sin desplazamiento
	Un giro hacia la izquierda sin desplazamiento

La intervención de la maestra durante la resolución de los problemas planteados juega un papel imprescindible para la superación de los impedimentos o las confusiones

con las que se va encontrando el alumnado de Educación Infantil a lo largo de la resolución de los problemas planteados (Sullivan y Bers, 2016; Wang et al., 2020).

La actuación de la maestra se ha regido por unas pautas fundamentales con el fin de evitar el condicionamiento de las resoluciones dadas por los estudiantes:

- a) No apoya verbalmente con el fin de no coartar la respuesta.
- b) No corrige respuestas equivocadas. Es el alumnado el que descubre los errores cometidos y reconduce la respuesta, de forma autónoma, comprobando los planes ejecutados y siguiendo, de este modo, la fase de supervisión establecida por Pólya (1945) como última etapa de la resolución de problemas matemáticos.
- c) No interrumpe las explicaciones del alumnado ni interviene en sus verbalizaciones.
- d) Anima a los estudiantes a continuar con la resolución de los problemas, alentando en la toma de decisiones y estimulando su confianza.
- e) Interviene auxiliando únicamente al producirse un bloqueo por parte de los escolares. La investigadora, por medio de preguntas, colabora en el análisis de la situación e incita la búsqueda de respuestas.
- f) No da respuesta a los problemas, proporciona ayudas, orientaciones e información para incitar al alumnado a seguir con la resolución.
- g) El número de intentos permitidos para la resolución de los diferentes *steps* es de tres. Cada participante puede comenzar un nuevo intento siempre y cuando no se sobrepase un tiempo de cinco minutos desde el comienzo de la resolución de cada problema.
- h) La resolución de los siete problemas es independiente del acierto o no del *step* anterior, de este modo, todos los participantes han realizado la resolución de

los siete problemas o *steps* planteados, con independencia de si la respuesta ha sido adaptativa o no adaptativa al problema en cuestión.

La maestra interviene exclusivamente para animar y alentar al alumnado a encontrar respuestas a los problemas planteados, en ningún momento su intervención supedita la respuesta dada por los escolares (véase Figura 4).

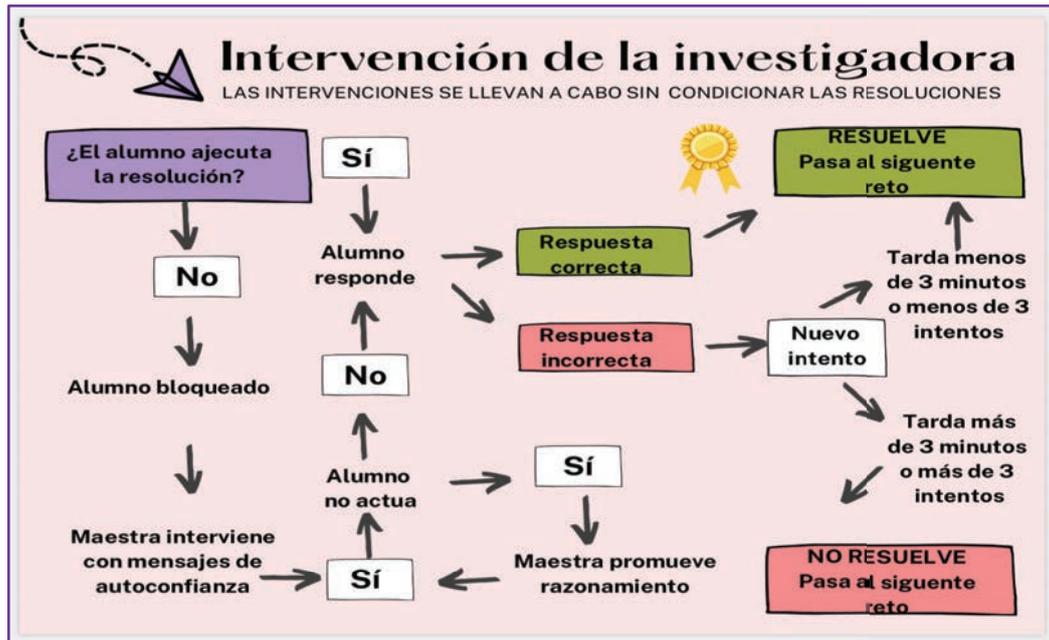


Figura 4. Protocolo de intervención de la investigadora.

4.5. Registro y codificación de los datos

Una vez elaborado el instrumento de observación *ad hoc* con el fin de que la observadora pueda materializar la transcripción de la realidad objeto de estudio, es preciso seleccionar los instrumentos de registro más adecuados.

Ante el amplio número de modalidades de registro que existen, debido a los grandes avances tecnológicos, en la actualidad se ha recurrido para la obtención de los registros al uso de programas informáticos, cuya lista es elevada (Anguera et al., 2007). Atrás ha quedado una extensa tradición de registros realizados con lápiz y papel y que reporta múltiples beneficios (Hernández-Mendo et al., 2000; Hughes y Franks, 2004). Por

un lado, evita errores derivados de la realización de operaciones llevadas a cabo manualmente. Por otro lado, agiliza el proceso y posibilita obtener grandes matrices de códigos, teniendo en consideración unidades temporales cada vez más cortas, como el *frame*. Además, se facilita la transformación de ficheros de registro, favoreciendo una intercambiabilidad elevadamente funcional y versátil. Finalmente, la información queda a disposición en forma de base de datos para poder someterla a un control de calidad de datos y a un proceso cuantitativo de análisis (Anguera et al., 2007).

En el diseño observacional de la presente investigación, de carácter multidimensional, se ha precisado el uso de programas informáticos que permiten la obtención de grandes matrices de códigos, en los que cada fila del registro está compuesta por conductas co-ocurrentes en un momento determinado y la sucesión de las filas de la matriz pertenece al desarrollo diacrónico de la sesión tenida en cuenta (Anguera, 2005; Anguera et al., 2007). Para el registro y la codificación de los 238 paquetes de datos que conforman el muestreo observacional del presente trabajo, se ha recurrido al *software* LINCE, versión 1.2.1 (Gabin et al., 2012) (véase Figura 5).

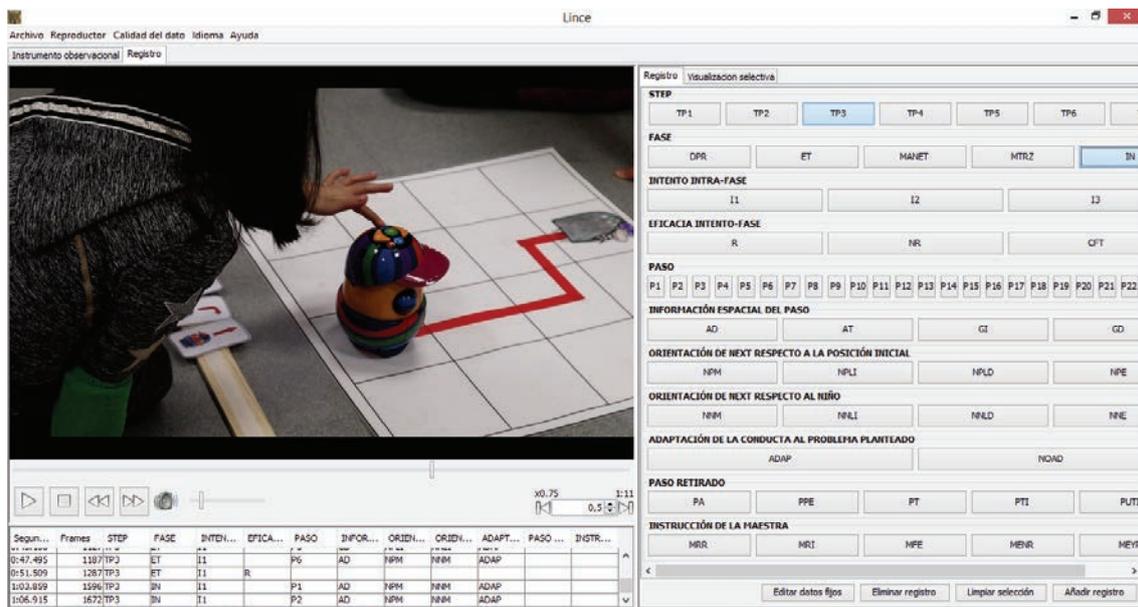


Figura 5. Captura de un momento del registro y codificación del paquete de datos correspondiente a la participante 7, curso 3º E.I., step 3, en el software LINCE.

El registro se ha realizado siguiendo un riguroso orden. En primer lugar, de participantes, del primero al duodécimo en primero de Educación Infantil, del primero al undécimo en segundo de Educación Infantil y del primero al undécimo en tercero de Educación Infantil y, en segundo lugar, de *steps*, del uno al siete. En total se cuenta con 84 paquetes de datos correspondientes a la resolución de cada uno de los siete *steps* de la propuesta de intervención por los doce participantes seleccionados del primer curso, 77 paquetes de datos de los once participantes del segundo curso y 77 paquetes de datos de los once participantes del tercer curso, lo que suma un total de 238 paquetes de datos registrados.

Atendiendo a la clasificación clásica de Bakeman (1978), a lo largo de la investigación realizada se han registrado datos tipo IV, concurrentes y tiempo-base. Esto significa que los datos incluyen los parámetros orden y duración y co-ocurren, debido al carácter multidimensional del diseño observacional y a que el instrumento de observación es una combinación de formato de campo y sistemas de categorías. El tipo de datos es multievento (Bakeman y Quera, 1995).

Una vez desarrollado el instrumento de observación *ad hoc* y completado el registro, a los datos obtenidos se les debe someter a un proceso de control de calidad del dato (Blanco-Villaseñor, 1989, 1993; Blanco-Villaseñor y Anguera, 2000).

4.6. Calidad del dato

4.6.1. Requisitos de constancia inter-sesional

La constancia inter-sesional ha quedado garantizada a partir de la satisfacción en cada una de las sesiones de observación de la siguiente lista de mínimos: misma aula, aula de desdoble de Educación Infantil; mismos materiales empleados, tarjetas de dirección, manguitos de color verde para la mano derecha y de color rojo para la mano izquierda;

igual disposición de los materiales y participantes; idéntica franja horaria de realización de las actividades, de 10 a 12 horas, con el fin de evitar la primera hora de la mañana y las horas de después del recreo, en la que los niños de Educación Infantil suelen estar más cansados; idéntico protocolo de intervención para cada escolar y para cada uno de los *steps*; misma maestra de intervención del programa y maestra encargada de la filmación de las sesiones; todos los participantes realizaron satisfactoriamente la prueba de selección.

4.6.2. Fiabilidad de los datos

Para determinar la fiabilidad, en forma de concordancia inter-observadores, se ha recurrido al coeficiente Kappa de Cohen (1960), mediante el programa informático LINCE. Los observadores que se han encargado del registro y codificación de los datos han sido dos. El primero de ellos es la investigadora autora de la tesis, la cual ha participado de manera activa en el desarrollo del sistema de observación. El segundo observador, ajeno a la investigación, ha seguido un proceso de formación respetando las etapas propuestas por Arana et al. (2016). Comenzando el aprendizaje por un proceso teórico, con la explicación conceptual del instrumento de observación; continuando la formación con un proceso teórico-práctico, sobre el funcionamiento del instrumento de observación en el seno del *software* de registro y codificación LINCE; y, finalizando con una aplicación de carácter práctico del instrumento de observación mediante el registro con cuatro sesiones de observación correspondientes a cuatro *steps* resueltos por un participante fuera de muestreo. Toda vez obtenido un Kappa de Cohen superior a 0.80, entre los registros de los cuatro *steps* por ambos observadores y se da por terminado el proceso de formación.

El primer observador ha registrado la totalidad del muestreo observacional, mientras que el segundo observador ha registrado un 17.67% del muestreo observacional

-la participación en la propuesta de intervención de dos participantes de cada uno de los cursos elegidos al azar, un 16.66% del muestreo de primero de Educación Infantil, un 18.18% del muestreo de segundo de Educación Infantil y un 18.18% del muestreo del tercer curso de Educación Infantil-.

4.6.3. Generalizabilidad de los resultados

La calidad del dato también se ha abordado en el seno de la teoría de la Generalizabilidad (Cronbach et al., 1972), mediante el *software* SAGT (Hernández-Mendo et al., 2016), a partir de los trabajos de Blanco-Villaseñor (Blanco-Villaseñor, 1989; Blanco Villaseñor, 1993; Blanco-Villaseñor y Anguera, 1991; Blanco-Villaseñor y Escolano-Pérez 2017), teniendo en consideración las cuatro fases que se detallan a continuación:

- Primera fase: Plan de observación. Se han dispuesto de forma “cruzada” las facetas Categorías, con 65 niveles -las categorías correspondientes a los criterios variables del instrumento de observación-; *Steps*, con siete niveles; y Participantes, con 12 niveles para el curso de primero de Educación Infantil y 11 niveles para los cursos de segundo y de tercero de Educación Infantil.
- Segunda fase: Plan de estimación. En las tres facetas se ha realizado una estimación para una población infinita.
- Tercera fase: Plan de medida. Se ha realizado el plan de medida: [Categoría] [Step] / [Participantes], para evaluar la generalizabilidad de los resultados a partir del número de participantes que han desarrollado la propuesta de intervención.
- Cuarta fase: Plan de optimización. No ha sido necesario desarrollar el plan de optimización en el presente diseño observacional como se podrá comprobar en el capítulo de resultados.

4.7. Análisis de los datos

Como se ha indicado al inicio del presente apartado, la metodología observacional se puede considerar como *mixed methods* en sí misma, puesto que integra aspectos tanto cualitativos como cuantitativos en una secuencia de etapas concatenadas de forma lógica a lo largo del proceso de investigación (Anguera y Hernández-Mendo, 2016; Anguera et al., 2017; Sánchez-Algarra y Anguera, 2013). La recogida de datos fundamentalmente cualitativos es la primera fase, la gestión de los datos recogidos en un sistema de registro ordena el sistema de medida y, en consecuencia, los parámetros que se obtienen de él (Anguera et al., 2011). Debido al proceso de codificación, los datos obtenidos se supeditan a los análisis pertinentes en función del diseño observacional, dando preferencia a la perspectiva cualitativa en la última fase del proceso (Sánchez-Algarra y Anguera, 2013).

Esta perspectiva cuantitativa traduce en cifras sus observaciones. Los valores numéricos tienen su origen en el recuento de la medida o en la comprobación del orden o secuencia, y hacen posible descubrir, verificar o identificar relaciones simétricas o asimétricas entre conceptos que proceden de un esquema teórico elaborado atendiendo a los criterios que guían cada una de las situaciones de cotidianidad concernientes al estudio (Anguera, 2010). El análisis de datos depende del diseño observacional propuesto, del número de unidades, de la temporalidad y de la dimensionalidad del mismo (Anguera et al., 2011). Asimismo, se somete igualmente a la naturaleza del dato, que depende de los parámetros de registro, y que influye en el análisis de datos ulterior. Tal y como se ha venido mencionando la transformación de los datos permite el tratamiento cuantitativo de la información. Atendiendo a Anguera y Hernández-Mendo (2016) se puede afirmar que la cuantificación en la metodología observacional es robusta, ya que además de conseguir

el recuento de ocurrencias o frecuencias, se apoya en los parámetros orden y duración, parámetros fundamentales para el análisis de datos (Anguera e Izquierdo, 2006).

El diseño proyectado permite la obtención del parámetro de registro duración, que incorpora orden y frecuencia. Con lo que se ha logrado un instrumento de observación robusto y abundante en información, al contener el número real de co-ocurrencias, la serie continuada de códigos de conducta, y la indicación de unidades de tiempo correspondientes a cada co-ocurrencia. Existen infinidad de opciones para decantarse por el análisis de datos más idóneo (Anguera et al., 2017). Sin embargo, las técnicas que encajan mejor con el conjunto de rasgos de la metodología observacional son el análisis secuencial de retardos y el análisis de coordenadas polares, que precisan partir del parámetro orden; y la detección de *T-patterns* que precisan del parámetro duración.

4.7.1. Análisis secuencial de retardos

El análisis secuencial de retardos (Bakeman, 1978) es una técnica que ambiciona la detección de regularidades en la secuencia de conductas registradas, que muestran una probabilidad de aparición significativamente superior a la que se podría esperar por efecto del azar. Esto significa que se contrasta la hipótesis nula de la inexistencia de dependencia entre las conductas, que indique que estas suceden consecutivamente con mayor cohesión que la que conllevaría el simple azar. A partir de la conducta criterio, conducta desencadenante de las siguientes, se elabora una tabla de frecuencias de retardos y de las pertinentes probabilidades condicionadas (Bakeman, 1978; Sackett, 1980). El análisis secuencial de retardos permite contrastar la fuerza de la asociación entre categorías (Bakeman, 1978).

En el análisis secuencial de retardos se requiere que el registro realizado se efectúe a partir de una disposición ordenada del registro (seguimiento intra-sesional), y a partir de la propuesta de una o varias conductas criterio o *given* se calculan para un número

determinado de retardos (prospectivos y retrospectivos; y en el retardo 0 o co-ocurrencia) las probabilidades condicionadas (que dependen del orden de los datos registrados) y probabilidades incondicionadas (que penden de la frecuencia de ocurrencia de las categorías correspondientes a las conductas condicionadas, e indican el efecto del azar).

Se aplica una prueba binomial para llevar a cabo el contraste entre estas probabilidades, se aplica la propuesta de cálculo de la Z hipergeométrica de Allison y Liker (1982), y se obtienen los residuos ajustados, que son los resultados del análisis secuencial de retardos.

Este análisis se encuentra implementado en el *software* libre GSEQ, versión 5.1 (Bakeman y Quera, 1995, 2011). En el análisis de los residuos ajustados en los diferentes retardos, a partir de Bakeman y Gottman (1989), los valores mayores a 1.96 ($p < 0.05$) representan una relación de activación entre la conducta criterio o *given* y la conducta condicionada o *target*; y las transiciones menores a -1.96 ($p < 0.05$) una relación de inhibición entre la conducta criterio y la conducta condicionada.

4.7.2. Análisis de coordenadas polares

El análisis de coordenadas polares (Sackett, 1980) es una técnica robusta de reducción de datos que incorpora las dos perspectivas analíticas, la prospectiva y la retrospectiva genuina (Anguera, 1997) del análisis secuencial de retardos, y es la prolongación de ese análisis anterior. Su objetivo es identificar asociaciones entre conductas focales y conductas condicionadas y gestar un mapa que muestre el entramado de relaciones interactivas entre diversas conductas.

La técnica inicial fue propuesta por Sackett (1980). Partiendo de la definición de conducta focal, fundamentada en los objetivos del estudio, se calculan los residuos ajustados del análisis prospectivo y retrospectivo en relación a las conductas condicionantes. El análisis de coordenadas polares (Sackett, 1980) se realiza a partir de

los residuos ajustados obtenidos en el análisis secuencial de retardos. Permite resumir en forma de vector, mediante el parámetro Z_{sum} , la información relativa a la activación/inhibición-prospectiva/retrospectiva que la conducta focal (conducta criterio o *given* del análisis secuencial de retardos) tiene respecto a cada conducta de apareo (conductas condicionadas o *target* del análisis secuencial de retardos).

En el análisis de coordenadas polares se contemplan igual número de retardos prospectivos y retrospectivos; generalmente de -5 a -1, y de +1 a +5 (Aragón et al., 2017). El análisis de coordenadas polares se ve considerablemente facilitado por la implementación de un módulo específico en el *software* libre HOISAN (Hernández-Mendo et al., 2012). Este módulo realiza los cálculos teniendo en cuenta el concepto de retrospectividad genuina de Anguera (1997) -véase representación gráfica en Tarragó et al. (2017)-.

Para la obtención de los valores $Z_{sum} = (\sum Z/\sqrt{n})$ se requieren los residuos ajustados estandarizados correspondientes tanto a los retardos prospectivos (que se representan en el eje de abscisas) como a los retardos retrospectivos (que se representan en el eje de ordenadas). Una vez calculados los parámetros Z_{sum} prospectivos y retrospectivos correspondientes a cada relación entre la conducta focal y una conducta condicionada, se calcula la longitud y el ángulo del vector que permite la posterior representación gráfica de cada coordenada polar.

La longitud del vector se corresponde con la distancia entre el origen de coordenadas Z_{sum} (0,0) y el punto de intersección (en abscisas, el valor Z_{sum} de la conducta focal; y en ordenadas, el valor Z_{sum} correspondiente a la conducta condicionada); por lo tanto, la diagonal que configura la longitud del vector se obtiene calculando: $\sqrt{Z_{sum} \text{ prospectivo}^2 + Z_{sum} \text{ retrospectivo}^2}$. Añadir que, para que las relaciones se consideren significativas ($p < 0.05$) deben obtenerse longitudes superiores a 1.96.

La función trigonométrica arco seno de φ , que es el ángulo del vector (arco seno $\varphi = Z_{sum}$ retrospectivo/longitud del vector), ubicará a cada vector en uno u otro cuadrante, en el cual se sitúa la respectiva categoría condicionada en función del valor positivo o negativo del Z_{sum} prospectivo y retrospectivo: cuadrante I ($0 < \varphi < 90$)= φ ; cuadrante II ($90 < \varphi < 180$)= $180 - \varphi$; cuadrante III ($180 < \varphi < 270$)= $180 + \varphi$; cuadrante IV ($270 < \varphi < 360$)= $360 - \varphi$. Así, cada cuadrante refleja la activación/inhibición-prospectiva/retrospectiva entre la conducta focal y las conductas condicionadas, tal y como se refleja en la Figura 6 y en la Tabla 6.

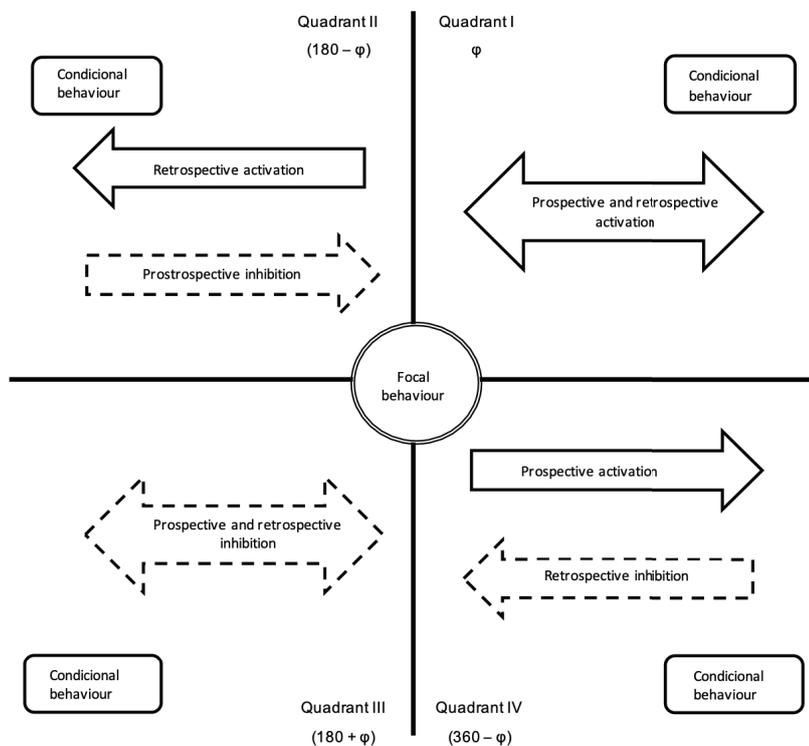


Figura 6. Representación gráfica en la que se muestran las relaciones de activación/inhibición y prospectiva/retrospectiva que se establecen entre la conducta focal y la conducta condicionada en función de su localización en cada uno de los cuadrantes del mapa de coordenadas polares.

Tabla 6. Interpretación de las relaciones de activación/inhibición-prospectiva/retrospectiva entre la conducta focal y conducta condicionada en función del cuadrante del mapa de coordenadas en el que se sitúa el vector.

Cuadrante	Signo del Z_{sum} Prospectivo	Signo del Z_{sum} Retrospectivo	Interpretación
I	+	+	La conducta focal y la condicionada se activan mutuamente
II	-	+	La conducta focal inhibe a la condicionada; y la conducta condicionada activa a la focal
III	-	-	La conducta focal y la condicionada se inhiben mutuamente
IV	+	-	La conducta focal activa a la condicionada; y la conducta condicionada inhibe a la focal

4.7.3. Detección de *T-patterns*

El análisis de *T-patterns* mediante el *software* THEME pretende detectar estructuras ocultas, que no son visibles a simple vista por el observador (Magnusson, 1996, 2000). En este trabajo también se ha recurrido a esta técnica para realizar análisis diacrónicos de conducta (Santoyo et al., 2020). En concreto, se ha recurrido a la versión libre (v.6 Edu).

El *software* THEME, se fundamenta en un poderoso algoritmo desarrollado que permite detectar estructuras regulares de conducta ocultas en el registro. Aunque la principal aportación de THEME es la detección de *T-patterns*, el *software* también ofrece la posibilidad de detectar estructuras secuenciales bajo el parámetro orden -a partir de una asignación de duración constante a cada unidad de conducta-, lo que aporta unas posibilidades muy relevantes de cara al análisis de la secuencialidad puesto que permite deducir si las conductas son consecutivas o si en el *T-pattern* existen lagunas -conductas intercaladas- entre los multieventos detectados (Lapresa, Anguera et al., 2013; Lapresa, Arana et al., 2013). Esta posibilidad también se ha explorado a lo largo del trabajo “Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad

programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil” (Terroba, Ribera, Lapresa y Anguera, 2021a).

Se han seleccionado los parámetros de búsqueda que a continuación se detallan (véase manual de referencia: PatternVision Ltd y Noldus Information Technology bv, 2004): a) mínimo de ocurrencias: se ha fijado una frecuencia de ocurrencia igual o mayor de 2; b) nivel de significación de 0.005, por lo que el porcentaje de probabilidad de aceptar un intervalo crítico debido al azar es de un 0.5%; c) se ha fijado la reducción de redundancias en un valor de 90 de forma que, si más del 90% de las ocurrencias de un nuevo patrón detectado comienzan y finalizan casi en el mismo tiempo que los patrones ya detectados, el nuevo patrón se desecha; d) se ha utilizado el tipo de *T-patterns free*; e) validación de resultados: se han validado los resultados aleatorizando los datos en 100 ocasiones -mediante el procedimiento *shuffling*- y aceptado sólo aquellos patrones cuya probabilidad de ser fruto del azar sea igual a 0-. Una vez realizada la búsqueda se han aplicado una serie de filtros cualitativos (Amatria et al., 2017) para la selección de *T-pattern*.

Capítulo 5. Resultados

Los resultados obtenidos se presentan a través del compendio de cinco trabajos de investigación publicados en revistas indexadas mediante los cuales se da respuesta a los diferentes objetivos planteados en el desarrollo de la investigación.

En primer lugar, se presenta un estudio piloto en el que se introduce al alumnado en el lenguaje de la robótica y del pensamiento computacional para la resolución de una secuencia de problemas matemáticos fundamentados en un cuento. El propósito 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, con el fin de realizar una aproximación a la elaboración de la propuesta de trayectoria de resolución de problemas matemáticos en Educación Infantil mediante el uso de pensamiento computacional (objetivo específico 1). Este estudio exploratorio se publica en enero de 2021 con la siguiente referencia:

Terroba, M., Ribera, J. M., y Lapresa, D. (2021). Pensamiento computacional en la resolución de problemas contextualizados en un cuento en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 9 (2), 73-92.

En segundo lugar, se presenta una propuesta de intervención de una secuencia de resolución de problemas de dificultad creciente para el desarrollo del pensamiento computacional mediante el empleo de un robot de suelo de direccionalidad programada (objetivo específico 2). Una vez desarrollada la propuesta se efectúa un análisis de la adecuación de la propuesta de resolución de problemas al pensamiento computacional del alumnado de los tres cursos del segundo ciclo de Educación Infantil, a partir de las

resoluciones ofrecidas y del tiempo empleado en la resolución de cada uno de los problemas que componen la trayectoria (objetivo específico 3). La experimentación realizada ha posibilitado llevar a cabo un análisis del pensamiento computacional del alumnado mediante la trayectoria de resolución de problemas mostrando diferencias en las habilidades de resolución en función de la edad en los procesos involucrados. El estudio se publica en septiembre de 2021 con la referencia:

Terroba, M., Ribera, J.M. y Lapresa, D. (2021). Cultivando el talento matemático en Educación Infantil mediante la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del pensamiento computacional. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, 28, 65-85. <http://doi.org/10.18172/con.5008>

Una vez realizado el estudio preliminar y una propuesta de intervención adecuada al alumnado de Educación Infantil para el desarrollo del pensamiento computacional se presenta una propuesta metodológica -metodología observacional- para efectuar una evaluación del programa de intervención, para lo que diseña un sistema de observación del que se aportan evidencias de validez de contenido, fiabilidad, generalizabilidad y operatividad, que permite el análisis e interpretación de la conducta desplegada en el desempeño de la propuesta de intervención (objetivo específico 4). Dicha propuesta y sus resultados se presentan en un estudio publicado en abril de 2021 con la referencia:

Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D., y Anguera, M. T. (2021). Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en educación infantil. *Revista de Psicodidáctica*, 26 (2), 143-151. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2021.03.001>

Llegados a este punto se realiza un estudio que consigue caracterizar el pensamiento computacional en el alumnado del primer curso de Educación Infantil, 3

años, durante la resolución de cada uno de los problemas de dificultad creciente que constituyen la propuesta de intervención (objetivo específico 5). El trabajo realizado arroja luz sobre el desarrollo del pensamiento computacional en el alumnado de 1º de Educación Infantil a partir de una propuesta de intervención que permite a los escolares expresarse por medio de un lenguaje de programación.

Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D. y Anguera, M. T. (2021). Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil-3 años mediante una propuesta de resolución de problemas con un robot de suelo de direccionalidad programada. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 21(68). <http://dx.doi.org/10.6018/red.480411>

Con el fin de comprobar la evolución del pensamiento computacional de los estudiantes a lo largo de su progreso por los cursos superiores de Educación Infantil se realiza la propuesta de intervención con el alumnado de 3º de Educación Infantil con el fin de caracterizar el pensamiento computacional en el alumnado del tercer curso de Educación Infantil, 5 años, durante la resolución de cada uno de los problemas de dificultad creciente que constituyen la propuesta de intervención. El estudio que contiene dichos resultados es publicado *online first* en marzo de 2022, cuya referencia es:

Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D., y Anguera, M. T. (2022). Observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education (5 years old) through an intervention proposal with a ground robot of programmed directionally. *European Early Childhood Education Research Journal*, online first, 1-19.

Por su parte el objetivo específico 7, adecuar la propuesta de intervención para cada uno de los cursos de Educación Infantil a partir de los resultados obtenidos, se

satisface en el documento de la tesis doctoral, realizándose una comparativa entre los resultados correspondientes del alumnado de 3 años y de 5 años de edad.

Se presentan los cinco estudios como documentos Word (APA7) dentro de este capítulo. El objetivo general es diseñar una propuesta de intervención adecuada a cada uno de los tres niveles del segundo ciclo de Educación Infantil que permita el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en los escolares de estas edades, mediante la introducción de actividades de robótica.

5.1. Estudio 1: Propuesta inicial, estudio previo

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

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.

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 y Csikszentmihalyi (1998). 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, 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), quien 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 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 convierta 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 al 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 maestra 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 cm^2 está formado por 16 cuadros de 196 cm^2 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 estudiantes 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.

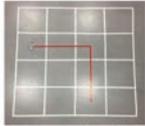
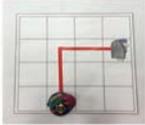
- Problema 1: se realiza con el propio cuerpo en una sesión psicomotora, sobre la cuadrícula marcada en la baldosa, utilizada para las sesiones previas. “Jugamos a convertirnos en un robot y colocamos las tarjetas que necesitamos para salvar al chivo chivón grande del ogro”.
- Problema 2: es un problema 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 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
	P2 3 CON	Niño 1	3.10
Niño 2		3.9	
2º Ed. Infantil	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 realiza la 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 del 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 estudiantes, los escolares de 3 y 4 años no logran encontrar la solución, sin embargo, las dos parejas de 5 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 4. Las dos parejas de 3 años y las dos parejas de 4 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 escolares 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 3 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 5 años, el número de intentos de la pareja que utiliza tarjetas respecto a la pareja que no 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 han eliminado, 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 3 y 4 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 5 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 3 y de 4 años. El alumnado de 5 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 autocorrigen 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 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 3 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 3 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 el suyo es 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 3 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, piensa más la secuencia que tiene 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? ¿Esta o esta?
- 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? ¿Esta o esta?
- Niño 1. Esta. (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 realiza la resolución del problema 2. La pareja que utiliza tarjetas, precisa menos intentos, el tiempo empleado es mayor, puesto que delibera sobre las decisiones tomadas y es capaz 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 sitúa 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. ¡Jo!

- 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: Esto 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 establecidas por Pólya (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 caloso 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, p.4-87.

5.2. Estudio 2: Propuesta de intervención optimizada, análisis comparativo global

Cultivando el talento matemático en Educación Infantil mediante la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del pensamiento computacional

Resumen

Por medio del empleo de un robot de suelo de direccionalidad programada, se ha trabajado una trayectoria de resolución de problemas para el desarrollo del pensamiento computacional. Se ha realizado un análisis de los procesos de pensamiento involucrados en la resolución de problemas cuya solución se puede representar mediante un conjunto ordenado de pasos. La puesta en marcha de este proyecto de programación y codificación en las aulas de 1º, 2º y 3º de Educación Infantil, favorece el desarrollo del razonamiento matemático y de destrezas en la resolución de problemas en los escolares, al tiempo que permite desarrollar las habilidades de pensamiento computacional de los mismos. Los problemas propuestos han planteado retos desafiantes para todos los escolares en general y, para el alumnado de alta capacidad matemática en particular, proporcionando oportunidades únicas de razonamiento y de resolución de problemas. Los resultados obtenidos nos ofrecen información relevante relativa a la evolución de las habilidades del pensamiento computacional a lo largo de la etapa de Educación Infantil.

Palabras clave: alta capacidad matemática, trayectoria de resolución de problemas, pensamiento computacional, robótica educativa, Educación Infantil.

Problem resolution trajectory for the development of computer thinking.

Fostering mathematical talent in Early Childhood Education

Abstract

Through the use of a programmed directionality floor robot, a problem-solving trajectory has been worked on for the development of computational thinking. An analysis of the thought processes involved in problem solving has been performed the solution of which can be represented by an orderly set of steps. The implementation of this programming and coding project in 1st, 2nd and 3rd Early Childhood Education classrooms, fosters mathematical reasoning development and skills in problem resolution in scholars, at the same time that develops the computational thinking skills in them. The proposed problems have set out challenging for all school children in general and, for high mathematical capacity students in particular, providing unique opportunities for reasoning and problem solving. The results obtained provide us with relevant information regarding the evolution of computational thinking skills throughout the Childhood Education Stage.

Keywords: high mathematical capacity, problem solving trajectory, computational thinking, educational robotics, Early Childhood Education.

1. Introducción

La introducción de la robótica educativa y el pensamiento computacional en las aulas, desde las primeras etapas educativas, está recibiendo un impulso a nivel internacional. Europa está asumiendo un papel activo al respecto y está promoviendo una agenda digital en la que la iniciación a la programación cobra vital importancia, asumida como la alfabetización de hoy en día (Bers et al., 2019; Manches y Plowman, 2017; Moreno-León y Robles, 2015).

La facilidad para acceder a los dispositivos tecnológicos desde edades tempranas y para integrarlos en todos los niveles educativos, permite introducir al alumnado en el lenguaje de la programación de un modo divertido en el que juego y aprendizaje van unidos (Bers, 2018). Entre las ventajas que origina la introducción de la programación en edades escolares cabe destacar el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y de razonamiento matemático. Es por ello que la creación de ambientes tecnológicos de programación se está consolidando en el horizonte educativo (Benton et al., 2017; Clements y Samara, 2002; Hoyles y Lagrange, 2010; Leidl et al., 2017; Pérez y Diago, 2018; Shute et al., 2017; Sullivan y Bers, 2016).

Los proyectos de robótica que se trabajan en las aulas permiten a los estudiantes aprender a programar robots educativos o dispositivos tecnológicos que incluyen sistemas de codificación y se convierten en herramientas de primer orden para potenciar la adquisición de aprendizajes significativos (Terroba et al., 2021). El alumnado debe ser capaz de abstraer el modo de actuación que seguirá el objeto programable, fundamentándose en el valor de los códigos incrustados y el efecto que produce su puesta en funcionamiento, desarrollando las destrezas del pensamiento computacional (Lee et al., 2011; Wing, 2006). Desde la primera conceptualización de pensamiento

computacional acuñada por Wing (2006), en la que lo define diciendo que el pensamiento computacional “implica la resolución de problemas, el diseño de sistemas y, la comprensión de la conducta humana, haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática” (p. 33), ha habido muchas otras interpretaciones del término, no llegando a un acuerdo sobre una única formulación del mismo (Gouws et al., 2013; Román-González et al., 2015). El pensamiento computacional como medio de resolución de problemas conlleva el empleo de estrategias que el alumnado debe emplear para enfrentarse al problema con la limitación de que tiene que poder ponerse en funcionamiento en entornos tecnológicos (Diago et al., 2018a). Para desarrollar el pensamiento computacional en las aulas no es imprescindible el empleo de ordenadores; elementos tan simples como un lápiz y una hoja pueden ser recursos a emplear para lograrlo (Ribera, 2021). Al codificar los escolares aprenden a desarrollar un plan de acción, identifican patrones de repetición y descubren los fallos en su pensamiento computacional al descubrir que el programa desarrollado no funciona del modo esperado (Diago et al., 2018b; Valverde et al., 2015). El enorme potencial que supone trabajar el pensamiento computacional en las aulas puede relacionarse estrechamente con las fases establecidas por Pólya (1945) en la resolución de problemas: entender el problema, establecer un plan de actuación, ejecutar el plan y evaluar el proceso, puesto que el alumnado debe comenzar con la elaboración de un plan previo de actuación y puede evaluar el plan establecido en función de la respuesta del dispositivo tecnológico (Diago et al., 2018b).

La presente experimentación desarrolla por medio del pensamiento computacional una trayectoria de resolución de problemas matemáticos, contextualizados en un cuento, que debe implementarse con un robot de suelo de direccionalidad programada.

La enseñanza de materias como la robótica o la programación en esta primera etapa educativa en niños de Educación Infantil permiten, entre otros aspectos, desarrollar las habilidades de pensamiento computacional (Bers, 2008). Estudios realizados por diversos autores, señalan cómo las tareas propias de las ciencias de la computación mejoran el desarrollo del razonamiento matemático en los escolares y las destrezas en la resolución de problemas (Clements y Samara, 2002; Hoyles y Lagrange, 2010; Pérez y Diago, 2018). La resolución de problemas se constituye como un indicador del alumnado con alta capacidad matemática. Un elevado porcentaje de expertos centrados en la investigación de la superdotación en matemáticas coinciden en que la resolución de problemas matemáticos es una vía fundamental para caracterizar al alumnado con talento matemático (Castro et al., 2006). Las respuestas dadas a los problemas planteados, permiten detectar a los escolares con talento matemático si se tienen en consideración aspectos como la creatividad en las respuestas dadas o que dichas resoluciones sean de un nivel superior en función de la edad (Butto et al., 2016; Castro et al., 2006). El papel del maestro es fundamental para estimular en el alumnado el deseo de descubrir lo que no sabe y de impulsar acciones que fomenten la creatividad en sus respuestas (Taylor, 1964). Los escolares con talento matemático manifiestan más curiosidad por los retos más complejos, encuentran el quid de la cuestión fácilmente, las respuestas proporcionadas suelen ser originales y no se rinden con facilidad ante la dificultad de los problemas planteados (Freiman 2006).

Los problemas que conforman la trayectoria de resolución de problemas que constituye la experimentación precisan que el alumnado emplee la inteligencia lógica para resolver los problemas, para lo cual resulta esencial su capacidad de razonamiento, de deducción y de abstracción (Etchepare et al., 2011). El contenido de los retos que se presentan requiere de la orientación espacial y lógica de los escolares. Los alumnos con

talento matemático poseen una elevada capacidad de planificación, revisión y evaluación de sus actividades intelectuales que constituyen la denominada inteligencia lógica, lo que les habilita para un obtener un mayor rendimiento en las actividades matemáticas desde edades muy tempranas (Ferrándiz et al., 2010; Onrubia et al., 2003; Piñeiro et al., 2018).

Dentro de la trayectoria de la resolución de problemas que se expone, se proponen problemas abiertos, que no tienen una única solución, lo que además de constituirse como un desafío puede permitir desarrollar el potencial del alumnado con alta capacidad. Como indica Johnson (2000), por medio del análisis de los razonamientos que ofrece el alumnado se puede determinar la calidad de su pensamiento y por ende determinar si es talentoso en matemáticas. Las respuestas creativas o respuestas únicas pueden ser indicadores del estudiantado superdotado (Pitta-Pantazi, et al, 2011). La mente matemática de estos estudiantes les permite crear maneras originales para resolver problemas matemáticos (Krutetskii, 1976; Özdemir e Işiksal, 2019).

Greenes (1981) identifica una serie de características para determinar el talento matemático en la resolución de problemas. La resolución de los problemas que componen la propuesta desarrollada requiere de destrezas estrechamente relacionadas con dichas características. La flexibilidad en el manejo de datos queda patente en las diversas estrategias y enfoques utilizados por los escolares para dar respuesta a los problemas de solución abierta, más avanzados en la trayectoria. La capacidad de organización de datos se relaciona con la capacidad del alumnado para organizar la secuencia de instrucciones que servirá para recorrer el camino planificado. La agilidad mental de fluidez de ideas se refleja en los retos con obstáculos que pueden mostrar asociaciones únicas en las respuestas dadas. La originalidad de interpretación se ve en el problema cuya solución es que no hay solución posible. La capacidad de transferir ideas permite comprobar cómo los escolares son capaces de aplicar la información aprendida en los primeros problemas

de la trayectoria a los retos de mayor dificultad a medida que avanza la propuesta. La habilidad para generalizar y establecer relaciones se manifiesta explícitamente en los estudiantes altamente dotados. Los problemas planteados se incluyen dentro de lo que Greenes (1981) denomina problemas de lógica recreativa, que requieren el empleo de la lógica deductiva y se caracterizan por tener varios condicionantes para poder ser resueltos.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo de la propuesta de desarrollo del pensamiento computacional mediante una trayectoria de resolución de problemas matemáticos son: a) Presentar una propuesta de trayectoria de resolución de problemas para el desarrollo del pensamiento computacional mediante el empleo de un robot de suelo de direccionalidad programada. b) Analizar la adecuación de la propuesta de resolución de problemas al pensamiento computacional del alumnado de los tres cursos del segundo ciclo de Educación Infantil, a partir de las resoluciones ofrecidas y del tiempo empleado en la resolución de cada uno de los problemas que componen la trayectoria.

2. Método

La experiencia que se detalla se ha realizado en el CEIP La Guindalera, colegio de Educación Infantil y Primaria del municipio de Logroño, La Rioja, durante el curso escolar 2019/2020.

2.1. Participantes

Han participado en el estudio 71 alumnos/as distribuidos de la siguiente manera: 25 alumnos/as de 1º de Educación Infantil, 22 alumnos/as de 2º de Educación Infantil y 24 alumnos/as de 3º de Educación Infantil.

El ensayo realizado consta de dos fases diferenciadas; una primera fase de activación, dirigida a todos los escolares de los grupos-clase, con el propósito de seleccionar la muestra y, una segunda fase, de ejecución de la trayectoria de resolución de problemas, realizada por el alumnado que ha superado la primera fase.

Todos los alumnos matriculados en los cursos de Educación Infantil han intervenido en una primera fase de selección de la muestra. No se ha realizado ningún estudio previo de talento matemático a este alumnado. Para realizar esta selección de la muestra se programaron una serie de tareas denominadas de activación, cuyo proceso de ejecución seguía dos partes diferenciadas: una primera, en la que el alumnado debía seleccionar las tarjetas adecuadas para realizar el recorrido y, una segunda, en la que los escolares tenían que realizar motrizmente el recorrido que indican las tarjetas. En la figura 1 se muestra cómo un alumno de 1º de Educación Infantil realiza la tarea 1 de activación.



Fase de selección de tarjetas



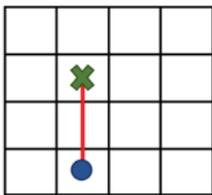
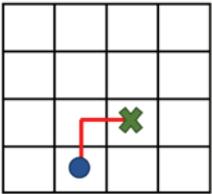
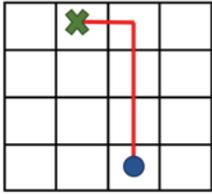
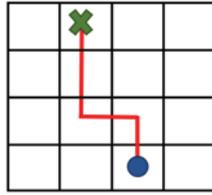
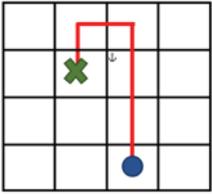
Fase de ejecución motriz

Figura 1. Tarea de activación 1

Dichas actividades se ejecutaron motrizmente en la sala de motricidad del centro educativo. Las tareas de activación se componen de varios ejercicios descontextualizados del cuento, enmarcados dentro de una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente, cuya resolución requiere descubrir los pasos necesarios para conseguir llegar por el camino marcado hasta el punto señalado. En el suelo de la sala se dibujaron con cinta aislante, cinco cuadrículas con los cinco recorridos a realizar para superar esta primera fase del estudio. El primer recorrido era un camino recto, el segundo trayecto era

un camino corto con un único giro, el tercero era un camino largo con sólo un giro, el cuarto era un camino con doble giro y el último un camino largo con doble giro y orientación opuesta. Atendiendo al desarrollo evolutivo del alumnado en relación con la orientación espacial, las tareas se distribuyeron para cada uno de los cursos. Las tres primeras tareas las ejecutaron los escolares de 1º de Educación Infantil; las cuatro primeras las realizaron los estudiantes de 2º de Educación Infantil; y, las cinco tareas, al completo, las efectuó el alumnado de 3º de Educación Infantil (véase Tabla 1).

Tabla 1. Tareas de activación para la selección de la muestra.

Tarea de activación	Cuadrícula	Actividad a realizar	Pasos del recorrido
Tarea 1		Recorrido a realizar en línea recta	↑ ↑
Tarea 2		Recorrido corto a realizar con un giro	↑ ↗ ↑
Tarea 3		Recorrido largo a realizar con un giro	↑ ↑ ↑ ↖ ↑
Tarea 4		Recorrido largo a realizar con dos giros	↑ ↖ ↑ ↗ ↑ ↑
Tarea 5		Recorrido largo a realizar con dos giros y orientación espacial opuesta	↑ ↑ ↑ ↖ ↑ ↗ ↑

De los 71 participantes que realizaron esta fase de selección de la muestra, 34 escolares realizaron correctamente todas las tareas correspondientes a su nivel educativo: 12 de 1º de Educación Infantil (con una media de edad de 3.72 años y una desviación típica de 0.23), 11 de 2º de Educación Infantil (con una media de edad de 4.69 años y una desviación típica de 0.26) y 11 de 3º de Educación Infantil (con una media de edad de 5.62 años y una desviación típica de 0.30) y fueron los que realizaron la trayectoria de resolución de problemas.

Para superar cada una de las tareas era preciso cumplir dos requisitos, que serán también condicionantes determinantes en la fase de experimentación; realizarlo en un número de intentos igual o inferior a tres y que el tiempo total de resolución no superara los cinco minutos. Estos condicionantes se sustentan en la capacidad de atención de los escolares de la etapa de Educación Infantil que va progresando con el transcurso del desarrollo cognitivo de los estudiantes. El tiempo medio de atención para el alumnado de esta etapa, no se recomienda que se alargue más de 30 minutos. La trayectoria se compone de siete problemas, se ha calculado un tiempo máximo de 5 minutos por problema, o un número límite de tres intentos, para que el proceso de resolución total se realice en un tiempo aproximado de media hora.

2.2. Infraestructura y materiales

Cada una de las sesiones que se llevaron a cabo en el aula de desdoble de Educación Infantil del CEIP La Guindalera de Logroño.

Cuento “Chivos chivones”

El cuento de la editorial Kalandraka “Chivos chivones” ha sido el eje motivador sobre el que ha girado todo el estudio. Previo a las sesiones de resolución de problemas la investigadora ha narrado el cuento a los escolares, con el fin de captar el interés del

alumnado por resolver los retos planteados. La inclusión de este cuento para formular los problemas de la trayectoria de resolución de problemas ha permitido trasladar a los escolares a un mundo mágico, con personajes fantásticos, en los que se hacía necesaria su ayuda para resolver los retos planteados, cada vez más complicados de ejecutar. Todos los problemas han tenido un objetivo común, salvar a los chivos del ogro malvado que vivía sobre el puente, siguiendo el camino marcado o las indicaciones dadas por la maestra para su resolución.

Robot Next 1.0.

Next 1.0 es un robot de suelo que cuenta con programación direccional en la parte superior. Presenta cuatro comandos de movimientos disponibles: arriba, abajo, derecha e izquierda. También tiene comandos para pausar, borrar y/o comenzar a realizar la secuencia programada (véase tabla 2).

Tabla 2. Comandos e instrucciones

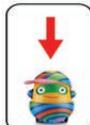
Comando	Instrucción
	Flecha de dirección hacia adelante, el robot Next 1.0 avanza 14 centímetros
	Flecha de dirección hacia atrás, hace que el robot retroceda 14 centímetros
	Flecha de giro a la derecha, hace que el robot gire 90 grados hacia la derecha, pero no efectúa ningún desplazamiento
	Flecha de giro a la izquierda, hace que Next 1.0 gire 90 grados hacia la izquierda, sin efectuar ningún desplazamiento
	Comienzo de la programación
	Pausado del recorrido

Tarjetas de dirección

Para llevar a cabo la programación del robot, se han utilizado tarjetas representativas de los movimientos que es capaz de ejecutar. Los movimientos del robot pueden ser de dos tipos, con desplazamiento y sin desplazamiento. Puede moverse un paso hacia delante y un paso hacia atrás, realizando una trayectoria equivalente a la

medida de un cuadrado de las cuadrículas que se describen en el siguiente apartado. Puede realizar giros de 90° sin desplazamiento hacia la izquierda o hacia la derecha. Cada vez que se presiona una tecla en el dispositivo, el robot ejecuta un movimiento. Previo a la introducción de los códigos seleccionados en el robot, los escolares deben idear un plan de acción que ejecute el recorrido correcto para lo cual disponen de tarjetas de dirección. Los alumnos han tenido a su disposición un número suficiente de tarjetas para poder secuenciar el recorrido. Las tarjetas de instrucciones preparadas para la secuencia, son las señaladas en la tabla 3.

Tabla 3. Tarjetas de dirección

Tarjeta	Instrucción
	Tarjeta de dirección hacia delante
	Tarjeta de dirección hacia atrás
	Tarjeta de dirección de giro hacia la derecha
	Tarjeta de dirección de giro hacia la izquierda

Tablero con cuadrícula blanca

El tablero de cuadrícula blanca tiene un área total de 3136 cm^2 . Está formado por 16 cuadros de 196 cm^2 cada uno. Cada uno de los cuadrados tiene la misma longitud de lado que el recorrido que realiza el robot cuando se selecciona un desplazamiento.

Sobre el tapete se marcarán diferentes caminos para que Next realice los recorridos. Serán dos los retos que deberán realizar los alumnos en la trayectoria de resolución de

problemas, de dificultad creciente. Un primer reto, con un único giro. Un segundo problema, con dos giros.

Tablero con cuadrícula sobre paisaje de montañas

El tablero con cuadrícula sobre paisaje de montañas tiene las mismas dimensiones que el tapete de cuadrícula blanca.

El paisaje dibujado, detallado más adelante en la tabla 4, representa un paisaje del cuento sobre el que gira la resolución de problemas matemáticos “Chivos chivones”.

Muñequeras

Para la resolución de los problemas, se han colocado muñequeras de dos colores al alumnado: verde para la mano derecha y roja para la mano izquierda, con el propósito de ayudar a los escolares con su orientación espacial.

Aula

Todas las actividades se han desarrollado en el aula de apoyo de Educación Infantil, que cuenta con espacio suficiente tanto para la sesión psicomotora, como para las sesiones de robótica.

2.3. Procedimiento

La investigación desarrolla una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente para el desarrollo del pensamiento computacional mediante la utilización de un robot de suelo de direccionalidad programada.

Simon (1995) delimitó el término trayectoria de aprendizaje como un recorrido posible a través de la cual los estudiantes logran avanzar en su aprendizaje. Para configurarla es preciso tener en cuenta tres aspectos fundamentales: el objetivo planteado de aprendizaje, el proceso didáctico de desarrollo detallado y las actividades de enseñanza. Los objetivos planteados han quedado precisados en la introducción del

artículo. Tanto el proceso didáctico como las actividades de enseñanza son los aspectos que van a reseñarse a continuación.

Previo a la trayectoria de resolución de problemas, se realizaron diversas actividades con el alumnado con el propósito de que aprendieran los códigos de las órdenes que se emplearían tanto en las tareas de activación como en la secuencia de resolución de problemas.

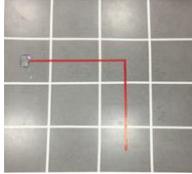
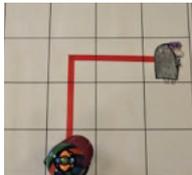
En un primer momento, en la sala de motricidad del centro, se explicaron los cuatro movimientos básicos del procedimiento: pasos hacia delante y hacia atrás con desplazamiento y giros hacia la derecha y hacia la izquierda sin desplazamiento. Se diseñaron unas tarjetas con las cuatro flechas de dirección y se ejecutaron juegos diversos en los cuales había que realizar los movimientos seleccionados. Atendiendo a la orden indicada por la maestra, el alumnado debía ejecutar los movimientos indicados, teniendo en cuenta si dicha consigna implicaba desplazamiento o no. Una vez que se tuvo la certeza de que el alumnado comprendía la diferencia entre giro y desplazamiento se dio por finalizada esta fase de preparación.

Tras la primera fase de selección de la muestra, se pasó a la fase de resolución de problemas englobados en una trayectoria de resolución, compuesta por ocho problemas, un primero con resolución motriz y los siete restantes para resolver utilizando el robot Next 1.0. Los cuatro primeros tienen una solución única, los tres siguientes una solución óptima y el último de ellos es un problema cuya solución es descubrir que no existe un recorrido viable. Por solución única se entiende aquella cuya respuesta ofrecida por los escolares se ajusta a los pasos estrictamente necesarios para recorrer el camino marcado sin salirse del trayecto. La solución óptima se refiere a aquellas respuestas que el alumnado da cumpliendo con los condicionantes marcados en el enunciado del problema, teniendo en cuenta que ésta puede ser diversa. El problema octavo de la trayectoria

presenta una encrucijada sin recorrido posible y los estudiantes deben darse cuenta de que no es posible llegar hasta donde se les pide. Las respuestas ofrecidas por el alumnado pueden ser indicadores del talento matemático. Reyes-Santander y Karg (2009), señalan las características que posibilitan una aproximación a las características de los alumnos altamente dotados para las matemáticas, que son susceptibles de valoración en una clase de matemáticas. Dichas cualidades se pueden enmarcar dentro de las siguientes: despunte en el ámbito de la competencia matemática, tenacidad y perseverancia en la ejecución de actividades que les interesan, originalidad en las respuestas o productos y capacidad para generar ideas innovadoras, vanguardistas y abstractas en matemáticas, rendimiento e involucración en las tareas, capacidad de captación y comprensión de ideas complejas y manipulación de la información matemática.

La estructura dada a la trayectoria descrita parte del problema motriz como problema uno, puesto que se considera más sencillo en los niños de estas edades partir de su propio cuerpo para resolver problemas de orientación espacial. El problema 2, se posiciona en este lugar puesto que se ha estimado que es el ejercicio más simple para realizar con el robot, debido a que implica un único giro sobre un camino pautado. El problema 3, continúa la trayectoria al ser un problema marcado en la cuadrícula con doble giro. El problema 4, añade la dificultad de no tener el camino marcado, aunque sí obstáculos que indican el camino permitido, supone un nivel más de complejidad dentro del doble giro. Los cuatro últimos problemas de la trayectoria, van incrementando la dificultad del recorrido a realizar y ofrecen diversas soluciones que pueden dar lugar a respuestas creativas y originales e incluso pueden ser respuestas que se encuentren a un nivel más elevado del que les corresponde por edad y ser por tanto indicadores de estudiantes con altas capacidades matemáticas (Castro et al., 2006).

Tabla 4. Trayectoria de resolución de problemas

Step	Problema	Cuadrícula	Secuencia de resolución
Step 1	“Para salvar al chivo chivón grande del ogro vamos a convertirnos en un robot, primero colocamos las tarjetas que necesitamos y después realizamos el recorrido”.		↑ ↑ ← ↑ ↑
Step 2	“Next tiene que ir a salvar al chivo chivón grande por el camino marcado. Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que haga el recorrido”.		↑ ↑ → ↑ ↑
Step 3	“Next tiene que volver a salvar al chivo chivón grande. Ahora el camino es más largo y tiene más giros. Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que lo salve”.		↑ ↑ ← ↑ → ↑
Step 4	“Esta vez, Next tiene que salvar al chivo, pero no puede pasar por las casillas que tienen ogros. Debe recoger primero al pequeño, después al mediano y, finalmente, al grande. Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que los salve”.		↑ → ↑ ← ↑ ↑
Step 5	“Ahora los ogros han desaparecido. Tienes que encontrar el camino para que Next salve a los tres chivos, empezando por el pequeño, siguiendo por el mediano y acabando por el grande. Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que los salve”.		↑ ← ↑ ↑ → ↑ ↑ ★
Step 6	“Sólo queda el chivo pequeño y Next tiene que darse prisa para salvarlo. Debes encontrar el camino más corto para llegar hasta él. Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que lo salve”.		↑ ↑ ↑ ← ↑ ↑ ↑ ★
Step 7	“Los ogros se han ido a dormir y Next puede entretenerse por el camino para buscar al chivo pequeño. ¿sabrías buscar un camino muy largo? Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que lo salve”.		↑ ↑ ↑ ← ↑ ← ↑ ↑ ↑ → ↑ → ↑ ↑ ↑ ← ↑ ★
Step 8	“¡Han vuelto los ogros! Y se han quedado escondidos entre las montañas. ¿Puedes ayudar a Next a encontrar el camino para salvar al chivo pequeño? Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que lo salve”.		

★ Problemas con solución abierta, se muestra un ejemplo de secuencia de resolución.

Los problemas, los caminos y la secuencia de resolución se pueden observar en la tabla 4, que refleja la trayectoria de resolución de problemas planificada.

Durante la primera sesión de la trayectoria de resolución de problemas se explicó el funcionamiento de Next 1.0, los movimientos, los comandos y las tarjetas de dirección, con el propósito de dar la oportunidad al alumnado de manipular el robot y familiarizarse con su uso (Skoumpourdi, 2010). Aunque el dispositivo es bastante sencillo en cuanto a su uso, como indica Szendrei (1996), es primordial que los escolares aprendan su manejo correctamente.

Cada uno de los problemas de la trayectoria precisa, como mínimo, dos pasos para ser resueltos: la elección de las tarjetas del recorrido y la introducción en Next de los códigos seleccionados. En los problemas de solución óptima, también se añade un primer paso consistente en la determinación previa del recorrido que va a hacer el robot con el dedo.

Cada problema debe ser resuelto en un máximo de tres intentos o en un tiempo no superior a cinco minutos. Un intento termina cuando Next llega al punto final de su trayectoria. La eficacia de los intentos depende de su resolución, si Next consigue llegar hasta el chivo chivón siguiendo las condiciones descritas en el enunciado del problema se considera que es resuelto y se da paso al siguiente problema de la trayectoria. Si no se resuelve, debido a que se supera el número de intentos permitidos o el tiempo establecido para la resolución, los escolares pasan al siguiente problema y el anterior queda sin resolver.

La orientación de Next respecto a la posición de partida va variando a lo largo de la resolución. A medida que Next se va desplazando por las cuadrículas puede tener igual orientación que al principio, orientación opuesta o en espejo y orientación lateral, tanto derecha como izquierda. Lo mismo sucede con la posición de Next respecto a la posición

del niño. En ambos casos, la necesidad de tener en consideración diversas referencias espaciales a la vez, supone una dificultad para el razonamiento de los escolares al precisar un descentramiento para lograr una resolución correcta al problema (Denis, 2017).

A lo largo de las resoluciones, los estudiantes pueden retirar tarjetas de la secuencia que no conllevan a una respuesta adaptada a la solución posible. Puede ser retirada cualquier tarjeta, correcta, incorrecta, una serie de tarjetas hasta el primer error, la última tarjeta colocada o incluso todas las seleccionadas.

2.4. Intervención de la maestra

La intervención de la maestra se hace fundamental para potenciar el aprendizaje a través de un proceso educativo eminentemente lúdico, las interacciones entre maestra-alumno y alumno-Next desencadenan situaciones creativas de resolución de problemas en el alumnado (Kewalramani et al, 2020). Además, los docentes deben saber motivar e incentivar al alumnado para conseguir resolver los desafíos de aprendizaje (Pöntinen y Rätty-Záborszky, 2020).

El apoyo de la maestra a los niños durante la resolución de los retos o problemas planteados desempeña un papel primordial para la superación de los obstáculos o los errores con los que se van encontrando a lo largo de la trayectoria de resolución, la comunicación y la colaboración juegan un papel imprescindible en la resolución de problemas (Sullivan y Bers, 2018; Wang et al., 2020). La intervención de la maestra ha cumplido unas premisas fundamentales para no condicionar las decisiones tomadas por el alumnado:

- No apoya verbalmente para condicionar una respuesta determinada.
- No corrige una respuesta errónea. La propuesta está diseñada para que sean los propios alumnos/as los que descubran sus errores y puedan reconducir la

situación. Según Pólya (1945), los estudiantes practican la supervisión, considerada la última fase en la resolución de problemas matemáticos, mediante la cual, de manera autónoma, comprueban los planes ejecutados.

- No interrumpe las verbalizaciones de los alumnos ni interviene en ellas.
- Sí estimula a seguir con la resolución de problemas, animando al final de cada decisión para que sigan y confíen en sus decisiones.
- Sí interviene ayudando únicamente en caso de bloqueo por parte de los alumnos. En las ocasiones en las que los estudiantes permanezcan un tiempo sin responder (un minuto o más) y gesticulan sin encontrar respuesta, la investigadora por medio de preguntas, ayuda al análisis de la situación por parte de los alumnos y a seguir con la resolución.
- Nunca da la respuesta al problema planteado, sino que prepara a modo de andamiaje la trayectoria a seguir para su resolución.
- Un problema se da por no solucionado si hay tres intentos fallidos o el alumnado tarda más de cinco minutos en comenzar el último intento de resolución. En ese caso se pasará al siguiente problema de la trayectoria de resolución de problemas.

La maestra, dicho lo anterior, interviene estrictamente para animar y fomentar la respuesta al problema planteado, en ningún momento su intervención condiciona las resoluciones (véase figura 2).



Figura 2. Esquema de la intervención de la maestra

2.5. Análisis de los datos

Con el fin de establecer la existencia de asociación entre el criterio edad y el criterio acierto en cada *step*, se ha recurrido a la prueba χ^2 . Una vez determinada la asociación entre el grupo de edad y el cumplimiento o no de un determinado *step*, el interés se centra en analizar la dirección de la asociación, positiva o negativa, a través del análisis de los residuos ajustados; este análisis contrastará entre qué edades hay más posibilidad de acertar o errar un determinado *step* (Haberman, 1973).

Por otro lado, para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de edad en lo relativo al tiempo empleado para la resolución del conjunto de los *steps*, así como en cada uno de ellos, se recurre a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, ya que la selección de la muestra no se ha realizado aleatoriamente. En el caso de concluirse que el tiempo empleado en al menos uno de los grupos es significativamente diferente de los demás, se procede a realizar un contraste entre pares de grupos a través de la prueba U de Mann-Whitney, para constatar entre qué parejas hay diferencias y el sentido de esta diferencia (Carver y Nash, 2006).

3. Resultados

3.1. Resultados de las resoluciones ofrecidas por cursos

A continuación, se presenta en la tabla 5, la proporción de participantes por grupo de edad que cumplimentan con éxito cada uno de los *steps* que constituyen la trayectoria de problemas.

Tabla 5: Proporción de participantes por grupo edad que cumplimentan cada uno de los *steps* de la trayectoria de resolución de problemas.

<i>Step</i>	1º EI	2º EI	3º EI
S1	12/12	11/11	11/11
S2	10/12	11/11	11/11
S3	8/12	9/11	11/11
S4	6/12	9/11	11/11
S5	5/12	11/11	10/11
S6	9/12	11/11	11/11
S7	1/12	6/11	4/11
S8	7/12	9/11	11/11

Un análisis global, a través de la prueba χ^2 de Pearson, muestra que existe asociación entre el criterio grupo de edad y los criterios: *step 4* ($\chi^2=8.233$; $gl=2$; $p=.016$); *step 5* ($\chi^2=11.066$; $gl=2$; $p=.004$); y *step 6* ($\chi^2=6.032$; $gl=2$; $p=.049$). En concreto, un análisis de residuos corregidos (Haberman, 1973), indica que los participantes de 1º de Educación Infantil es probable que no acierten el *step 4* ($r=2.7$), mientras los participantes de 3º de Educación Infantil es probable que lo superen ($r=2.2$); que los participantes de 1º de Educación Infantil es probable que no acierten el *step 5* ($r=3.2$), mientras que el grupo de 2º de Educación Infantil es probable que lo superen ($r=2.4$); y que los participantes de 1º de Educación Infantil es probable que no superen el *step 6* ($r=2.5$).

3.2. Resultados relativos al tiempo empleado en la resolución por cursos

En la tabla 6 se presentan la media y desviación típica de los tiempos empleados por cada grupo de edad en la resolución de los ocho *steps* constitutivos de la trayectoria de resolución de problemas.

Tabla 6. Media y desviación típica de los tiempos, en segundos, empleados por cada grupo de edad en la resolución de los ocho *steps* constitutivos de la trayectoria de resolución de problemas

<i>Step</i>	1º Educación Infantil		2º Educación Infantil		3º Educación Infantil	
	Media	Desv. Tip	Media	Desv. Tip	Media	Desv. Tip
S1	241.333	77.759	175.636	56.759	117.454	17.823
S2	344.083	74.266	233.909	75.047	190.818	64.204
S3	314.083	85.361	244.090	104.544	228.363	94.398
S4	400.916	114.618	257.727	45.387	244	73.441
S5	388.583	91.555	261.181	111.054	290.272	74.241
S6	280.083	110.803	198.909	67.423	188.090	60.535
S7	446.916	83.191	420.545	65.289	449	51.095
S8	223.083	105.943	158.636	95.078	105.727	28.485

Para determinar si existen diferencias significativas entre los grupos de edad en el tiempo empleado para la resolución del conjunto de los *steps*, se recurre a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. El resultado ($\chi^2=39.77$; $p<.001$) señala que el tiempo empleado en al menos uno de los grupos es significativamente diferente de los demás. Para determinar, entre que pares de grupos hay diferencias significativas se ha realizado la prueba U de Mann-Whitney; se constata que los participantes de 1º de Educación Infantil emplean más tiempo en la resolución de los *steps* que los integrantes de 2º de Educación Infantil (U de Mann-Whitney=2439.50; $p<.001$) y de 3º de Educación Infantil (U de Mann-Whitney=2166.50; $p<.001$); mientras que no se encuentran diferencias significativas entre los componentes de 2º de Educación Infantil y 3º de Educación Infantil (U de Mann-Whitney=3396.50; $p=.159$).

Si aplicamos la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis al conjunto de los grupos de edad y en cada uno de los *steps*, comprobamos que existen diferencias estadísticamente

significativas en el tiempo empleado para la cumplimentación por *step*: *step* 1 ($\chi^2=19.160$; $gl=2$; $p < .001$), *step* 2 ($\chi^2= 16.037$; $gl=2$; $p < .001$), *step* 4 ($\chi^2= 15.842$; $gl=2$; $p < .001$), *step* 5 ($\chi^2= 8.927$; $gl=2$; $p < .001$), *step* 6 ($\chi^2= 6.288$; $gl=2$; $p < .001$) y *step* 8 ($\chi^2= 7.650$; $gl=2$; $p < .001$). Profundizando en el análisis par a par entre grupos de edad, se ha constatado mediante la prueba U de Mann-Whitney las diferencias estadísticamente significativas que se recogen en la tabla 7.

Tabla 7. Diferencias estadísticamente significativas en el análisis par a par entre grupos de edad y por *step*

<i>Step</i>	1º EI - 2º EI		1º EI - 3º EI		2º EI - 3º EI	
	U de Mann-Whitney	Significación	U de Mann-Whitney	Significación	U de Mann-Whitney	Significación
S1	33.000	.042	2	.000	14.500	.003
S2	19.000	.004	7	.000		
S3	33.000	.042	36.5			
S4	12.000	.001	11	0.001		
S5	23.000	.008	27.5	0.018		
S6			27.5	0.018		
S7			64			
S8			21	0.006		

4. Discusión y conclusión

El pensamiento computacional se sitúa en el eje de la innovación educativa y la enseñanza de disciplinas como la robótica y el pensamiento computacional se perfila como experiencias cautivadoras en Educación Infantil (Bers et al., 2019; Román-González et al., 2015). Con la intención de desarrollar las habilidades de pensamiento computacional en el alumnado de Educación Infantil se ha desarrollado la propuesta de trayectoria de resolución de problemas para el desarrollo del pensamiento computacional mediante el empleo de un robot de suelo de direccionalidad programada.

El diseño de propuestas de enseñanza fundamentadas en el uso de robots programables para trabajar la resolución de problemas tiene un enorme potencial para el

desarrollo del pensamiento computacional en los escolares, permite la creación de un plan de intervención y la valoración del mismo (Diago et al., 2018b). La trayectoria de resolución de problemas planteada ha presentado un recorrido de resolución de dificultad creciente, posible de realizar, para que los estudiantes prosperen en su aprendizaje (Simon, 1995). Los retos planteados han ido haciéndose cada vez más complejos de resolver, comenzando por problemas con camino marcado y solución única: de un único giro (problemas 1 y 2), de doble giro (problemas 3 y 4) problemas sin recorrido marcado y con más de una solución (problemas 5, 6 y 7) y, problema cuya solución era averiguar que no existe solución posible. Los escolares que han participado en la propuesta han sido capaces de aplicar los conocimientos que han ido adquiriendo a lo largo de la puesta en práctica de la trayectoria de resolución de problemas para tratar de resolver los retos más complicados. Dichos retos han implementado la solución con un dispositivo tecnológico, el robot Next 1.0, que ha sido el encargado de realizar el trayecto planificado por los escolares y gracias al cual se ha podido efectuar una evolución del mismo en función de las respuestas ofrecidas por el robot. Los problemas de la trayectoria de resolución han proporcionado información relativa al modo de comprender y resolver problemas de los escolares de Educación Infantil. Los estudiantes han sido capaces de descomponer los problemas en partes más sencillas, seleccionando para ello las tarjetas necesarias para que Next fuera avanzando; además han asimilado los patrones de movimiento en función de las tarjetas y el movimiento del robot, haciendo uso de la codificación para resolver de manera lógica los retos planteados.

La secuencia programada de problemas englobados en una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente permite a la maestra desarrollar el talento matemático ya que potencia la creatividad en las respuestas dadas por el alumnado (Butto et al., 2016; Taylor, 1964). Los retos de solución abierta (problemas 5, 6, 7 y 8), más

complejos en cuanto a resolución, han permitido desarrollar el potencial del alumnado con talento matemático, ya que estos escolares han podido mostrar su curiosidad por los problemas más complicados, han podido descubrir la clave de los problemas con mayor facilidad que el resto de los compañeros, han podido dar respuestas con soluciones alternativas, como en el problema cuya solución era concluir que no tenía solución y han podido mostrar una gran implicación en las tareas, lo que ha conllevado a poder alcanzar un mayor rendimiento en la experimentación (Freiman, 2006). Sírvase de ejemplo de respuesta de un alumno de 1º de Educación Infantil (edad: 3 años, 5 meses y 19 días), que a los 26 segundos de haberle enunciado el problema descubre que “no tiene paso Next” y, sin pedirle una solución alternativa, ofrece una respuesta original alternativa consistente en quitar a uno de los ogros que bloquean el camino a los 56 segundos, la ejecuta y resuelve, dando una solución innovadora, pudiendo ser un indicador de alta capacidad matemática (Castro et al., 2006). La capacidad mostrada por dicho estudiante para generar ideas creativas, es un indicador del talento matemático (Reyes-Santander y Karg, 2009). Varios son los estudiantes que han demostrado perseverancia en la tarea, involucrándose en la resolución de la trayectoria e incluso generando respuestas creativas, especialmente en el problema sin solución, mostrando características indicadoras de talento matemático. La resolución de problemas matemáticos, en este caso llevada a cabo por medio del pensamiento computacional, es una gran medio para distinguir a los escolares con talento matemático (Castro et al., 2006); además, como señalan Reyes-Santander y Karg (2009), mediante la puesta en práctica de tareas como las descritas, se brinda al profesorado un escenario excepcional para identificar el talento matemático.

El segundo objetivo propuesto pretende analizar la adecuación de la propuesta de resolución de problemas al pensamiento computacional del alumnado de los tres cursos del segundo ciclo de Educación Infantil, a partir de las resoluciones ofrecidas y del tiempo

empleado en la resolución de cada uno de los problemas que componen la trayectoria. El estudio de los resultados obtenidos para cada uno de los cursos muestra cómo, a medida que se avanza en edad, los escolares son más capaces de realizar resoluciones correctas a los problemas planteados y necesitan menos tiempo para resolver los problemas, lo que aporta información sobre la progresiva adquisición de las habilidades de resolución inducidas por la comprensión del procedimiento de resolución en Educación Infantil. La integración de la robótica y la programación en las aulas de Educación Infantil provoca un impacto en las habilidades de secuenciación, proceso fundamental del pensamiento computacional (Kazakoff y Bers, 2011; Kazakoff et al., 2013; Wing, 2006).

Para concluir destacar cómo la propuesta de experimentación desarrollada ha permitido analizar el razonamiento matemático de los escolares de Educación Infantil. Además, ha posibilitado realizar un análisis del pensamiento computacional del alumnado mediante la trayectoria de resolución de problemas mostrando diferencias en las habilidades de resolución en función de la edad en los procesos involucrados. Actividades intelectuales innovadoras como las descritas proporcionan retos desafiantes y muy interesantes para el alumnado de Educación Infantil creando un entorno de libertad para expresar respuestas originales y brindan un escenario único para potenciar a los estudiantes con alta capacidad matemática.

Referencias

Benton, L., Hoyles, C., Kalas, I., y Noss, R. (2017). Bridging primary programming and mathematics: Some findings of design research in England. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3(2), 115-138. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0028-x>

- Bers, M. (2018). *Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom*. Routledge.
- Bers, M., González, C., y Armas, U. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>
- Butto, C., Andrade A., y Lanz M.Y. (2016). Identificación de estudiantes con altas capacidades matemáticas en educación primaria. *Horizontes Pedagógicos*, 18(2), 66-85.
- Carver, R.H. y Nash, J.G. (2006). *Doing data analysis with SPSS*. Boston: Brooks/Cole.
- Castro, E., Benavides, M., y Segovia, I. (2006). Cuestionario para caracterizar a niños con talento en resolución de problemas de estructura multiplicativa. *Faisca: revista de altas capacidades*, 11(13), 4-22.
- Clements, D.H., y Samara, J. (2002). The Role of Technology in Early Childhood Learning. *Teaching Children Mathematics*, 8(6), 340–343.
- Denis, M. (2017). *Space and spatial cognition: A multidisciplinary perspective*. Routledge.
- Diago, P. D., Arnau, D., y González-Calero, J. A. (2018a). 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. (2018b). La resolución de problemas matemáticos en primeras edades escolares con Bee-bot. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 1(2), 36-50.
- Etchepare, G.C., Ortega, R., Pérez, C., Flores, C., y Melipillán, R. (2011). Inteligencia lógica y rendimiento académico en matemáticas: un estudio con estudiantes de Educación Básica y Secundaria de Chile. *Anales de Psicología*, 27(2), 389-398.

- Ferrándiz, C., Prieto, D., Fernández, C., Soto, G., Ferrando, M., y Badía, M. (2010). Modelo de identificación de alumnos con altas habilidades de educación secundaria. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 13(1), 63-74.
- Freiman, V. (2006). Problems to discover and boost mathematical talent in early grades: A challenging situations approach. *The Mathematics Enthusiast*, 3(1), 51-75.
- Gouws, L.A., Bradshaw, K., y Wentworth, P. (2013). Computational thinking in educational activities: An evaluation of the educational game light-bot. En *Proceedings of the 18th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Canterbury, United Kingdom, 10-15.
- Greenes, C. (1981). Identifying the Gifted Student in Mathematics. *The Arithmetic Teacher*, 28(6), 14-17.
- Haberman, S.J. (1973). The Analysis of Residuals in Cross-Classified Tables. *Biometrics*, 29, 205-220.
- Hoyles, C. y Lagrange, J.B. (Eds.). (2010). *Mathematics Education and Technology- Rethinking the Terrain: The 17th ICMI Study*. New York: Springer
- Johnson, D. T. (2000). *Teaching mathematics to gifted students in a mixed-ability classroom*. ERIC Clearinghouse on Disabilities and Gifted Education.
- Kzakoff, E. y Bers, M. (2011, April). The impact of computer programming on sequencing ability in early childhood. In *American Educational Research Association Conference (AERA)*, Louisiana: New Orleans.
- Kzakoff, E., Sullivan, A., y Bers, M. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245-255.
<https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>

- Kewalramani, S., Palaiologou, I., Arnott, L., y Maria Dardanou (2020). The integration of the internet of toys in early childhood education: a platform for multi-layered interactions, *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(2), 197-213. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1735738>
- Krutetskii, V.A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in school children*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J., y Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *Acm Inroads*, 2(1), 32-37.
- Leidl, K., Bers, M.U., y Mihm, C. (2017). Programming with ScratchJr: a review of the first year of user analytics. In *International Conference on Computational Thinking Education, 2017*. Wanchai, Hong Kong.
- Manches, A. y Plowman, L. (2017). Computing education in children's early years: A call for debate. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 191-201. <https://doi.org/10.1111/bjet.12355>
- Moreno-León, J. y Robles, G. (2015, March). The Europe Code Week (CodeEU) initiative shaping the skills of future engineers. En *2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Tallin, Estonia, 561-566. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2015.7096025>
- Onrubia, J., Rochera, M., y Barberá, E. (2003). La Enseñanza y el Aprendizaje de las Matemáticas: Una Perspectiva Psicológica. En J. Palacios, A. Marchesi y C. Coll (Eds.), *Desarrollo Psicológico y Educación 1. Psicología Evolutiva*, 453-469. Madrid: Alianza.
- Özdemir, D.A. e İşıksal, M. (2019). Mathematically gifted students' differentiated needs: what kind of support do they need? *International Journal of Mathematical*

- Education in Science and Technology*, 1-19.
<https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1658817>
- 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 y 2), 9-20. <https://doi.org/10.17811/msg.30.1.2018.9-20>
- Piñeiro, J., Ramírez-Uclés, R., y Segovia-Álex, I. (2018). Detección del talento matemático en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación matemática en la infancia*, 6(2), 56-71
- Pitta-Pantazi, D. P., Christou, C., Kontoyianni, K. y Kattou, M. (2011). A model of mathematical giftedness: Integrating natural, creative, and mathematical abilities. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 11(1), 39-54.
- Pólya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton, New Jersey: Princeton University.
- Pöntinen, S. y Rätty-Záborszky, S. (2020). Pedagogical aspects to support students' evolving digital competence at school. *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(2), 182-196.
<https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1735736>
- Ribera, J. M. (2021). Estrategias para la resolución de problemas de matemáticas a través del pensamiento computacional. En F. Navaridas, E. Raya (Eds.), *Formación docente y desarrollo profesional del profesorado: Hacia un modelo para la calidad educativa*. Madrid: Wolters Kluwer.
- Román-Gonzalez, M., Pérez-González, J.C., y Jiménez-Fernández, C. (14-16 de octubre de 2015). Test de Pensamiento Computacional: diseño y psicometría general. En

- III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad*, Madrid, España, 1-6. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.3056.5521>
- Shute, V.J., Sun, C., y Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Simon, M.A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145.
- Skoumpourdi, C. (2010). Kindergarten mathematics with ‘Pepe the Rabbit’: how kindergartners use auxiliary means to solve problems. *European Early Childhood Education Research Journal*, 18(3), 299-307. <http://dx.doi.org/10.1080/1350293X.2010.500070>
- Sullivan, A. y Bers, M. (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. <http://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- Szendrei, J. (1996). Concrete Materials in the Classroom. En Bishop, et al. (Eds.) *International Handbook of Mathematics Education*, (pp. 411-434). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1465-0_12
- Taylor, C. (1964): *Creativity: Progress and potential*. New York: Mc Graw-Hill.
- Terroba, M., Ribera, J.M., y Lapresa, D. (2021). Pensamiento computacional en la resolución de problemas contextualizados en un cuento en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación matemática en la infancia*, 9(2), 73-92.

- Valverde, J., Fernández, M.R., y Garrido, M.C. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *RED-Revista de educación a distancia*, 46(3). <https://doi.org/10.6018/red/46/3>
- Wang, X.C., Choi, Y., Benson, K., Eggleston, C., y Weber, D. (2020). Teacher's role in fostering preschoolers' computational thinking: An exploratory case study. *Early Education and Development*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1759012>
- Wing, J.M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <http://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

5.3. Estudio 3: Propuesta metodológica para la evaluación del programa de intervención

Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil.

Resumen

El presente artículo presenta una propuesta de intervención para el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil, mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada. En el seno de la metodología observacional, se ha diseñado un sistema de observación que permite el análisis e interpretación de la conducta desplegada en el desempeño de la propuesta de intervención. La fiabilidad del sistema de observación se ha garantizado en forma de concordancia interobservadores, calculada a través del coeficiente Kappa de Cohen (1960). En el seno de la teoría de la generalizabilidad, el plan de medida [Categorías] [Steps]/ [Participantes], ha permitido constatar una elevada fiabilidad de precisión de generalización de los resultados. La operatividad del sistema de observación ha quedado reflejada en las estructuras regulares de conducta (*T-patterns*) detectadas -mediante el software THEME-, que han permitido caracterizar dificultades en la asimilación de un lenguaje computacional incipiente relacionadas con la capacidad de orientación espacial y la capacidad de secuenciación del niño -situaciones que implican giro y número de comandos empleados en la secuencia-.

Keywords: pensamiento computacional; robótica; Educación Infantil; metodología observacional; *T-patterns*.

Education intervention using a ground robot with programmed directional controls: observational analysis of the development of computational thinking in Early Childhood Education

Abstract

The present work presents an intervention proposal for the development of computational thinking in Early Childhood Education, through the use of a ground robot with programmed directional controls. Within the use of observational methodology, an observation system has been designed that allows the analysis and interpretation of the behavior displayed in the performance of the intervention proposal. The reliability of the observation system has been guaranteed in the form of inter-observer agreement, calculated using Cohen's (1960) Kappa coefficient. Within the theory of generalizability, the measurement plan [Categories] [Steps] / [Participants], has allowed to verify a high precision reliability of the generalization of the results. The operability of the observation system has been reflected in the regular behavior structures (T-patterns) detected -through the THEME software-, which have allowed characterizing difficulties in the assimilation of an incipient computational language related to the ability of spatial orientation and the sequencing capacity of children -situations involving turning and number of commands used in the sequence-.

Keywords: computation; robotics; pre-primary school; observational methodology; T-patterns.

1. Introducción

Wing (2006) introduce el concepto de pensamiento computacional y lo define como el proceso de resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, a partir de los conceptos fundamentales de la ciencia de la computación. Wing (2008), añade que las soluciones planteadas a los problemas de pensamiento computacional se deben poder representar de modo que puedan acometerse por alguna herramienta procesadora de la información. Aho (2012), concreta la definición de pensamiento computacional al planteamiento de problemas cuyas soluciones puedan representarse por pasos y algoritmos. *Google for Education* (2015) especifica cuatro fases del pensamiento computacional: descomposición, reconocimiento de patrones, abstracción y escritura de algoritmos.

Numerosos estudios muestran que la formación, desde la infancia, en pensamiento computacional beneficia el razonamiento matemático y las destrezas en la resolución de problemas (del Olmo-Muñoz et al, 2020; Diago et al., 2018; Fessakis et al., 2013; Kazakoff et al., 2013; Lee, et al., 2011; Sullivan y Bers, 2016). La resolución de problemas a través del pensamiento computacional permite al alumnado descomponer un problema en partes más sencillas para encontrar las soluciones posibles -o algoritmos de resolución-, favoreciendo las capacidades de análisis, razonamiento y comunicación efectiva de resultados (Clements y Sarama, 1997; Elkin et al., 2014; Papert, 1981; Wing, 2006).

La robótica puede convertirse en un sistema de enseñanza interdisciplinar muy atractivo para el aprendizaje de los escolares, generando experiencias lúdicas que incorporen la resolución de problemas y el razonamiento lógico (Bers, 2018; Bers et al., 2014; Mercader et al., 2017). La robótica educativa es una disciplina cuyo objetivo es

crear y poner en funcionamiento robots y programas adecuados con fines educativos (Bers, 2008; Bers et al., 2019). La metodología *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM) -una perspectiva integradora con el interés de resolver problemas prácticos aplicados al mundo real- promueve aprendizajes de forma natural y lúdica (Bers et al., 2019). Los robots educativos que en la actualidad se diseñan para los alumnos de Educación Infantil y Primaria se convierten en herramientas que favorecen la comprensión de conceptos matemáticos abstractos de modo manipulativo (Alsina, 2017) -como lo han sido otros materiales empleados tradicionalmente: bloques, cuentas, bolas, regletas, multicubos, etc. (Resnick et al., 1998)-, favoreciendo el pensamiento lógico, preciso y ordenado del alumnado, y acrecentando su capacidad para la resolución de problemas (Elkin et al., 2014) en el mundo real y cambiante que le rodea.

Un recurso posible para la resolución de problemas a través del pensamiento computacional en Educación Infantil son los robots de suelo de direccionalidad programada (Diago et al., 2018). El empleo de interfaces tecnológicas de direccionalidad programada, facilitan el desarrollo de la capacidad de orientación espacial (Città et al., 2019; Kalelioğlu, 2015; Pérez y Diago, 2018; Sarama y Clements, 2004), un componente esencial para el manejo de situaciones de la vida diaria en los escolares (Clements y Sarama, 1997; Fessakis et al., 2013; Jiménez-Gestal et al., 2019). El estudio de las conductas que se ocasionan en los procesos de descomposición de los problemas en retos más simples, la búsqueda de las similitudes que tienen en común, la focalización en aspectos importantes ignorando pormenores irrelevantes y el desarrollo de reglas o secuencias de resolución de problemas -algoritmos-, se presenta como un trabajo de gran interés para el análisis del desarrollo del pensamiento computacional.

El presente artículo tiene dos objetivos: uno disciplinar y otro metodológico. En lo disciplinar se presenta una propuesta de intervención a partir de una colección de

problemas que favorece el desarrollo del pensamiento computacional, mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada; en lo metodológico -en el seno de la metodología observacional-, se ha diseñado un sistema de observación -del que se aportan evidencias de validez de contenido, fiabilidad y generalizabilidad- que permite el análisis e interpretación de la conducta desplegada en el desempeño de la propuesta de intervención. La operatividad del sistema de observación permite caracterizar el desempeño de los niños de tercer curso de Educación Infantil -5 años- en la resolución de cada uno de los problemas planteados, mostrando las dificultades en la asimilación de un lenguaje computacional incipiente.

2. Método

El presente trabajo se ha desarrollado en el seno de la metodología observacional (Anguera, 1979), y es *multimethod*, dado que secundariamente se utilizan algunos elementos propios de la metodología cuasiexperimental (Arnau, 2001), además de *mixed methods* (Anguera, Blanco-Villaseñor et al., 2018). De acuerdo con Anguera et al. (2011), el diseño observacional es: nomotético, puesto que se observa el comportamiento de 24 alumnos de tercero de Educación Infantil que no actúan como clase; de seguimiento inter-sesional, a lo largo de los diferentes *steps* ($n=7$) que constituyen la propuesta de intervención; de seguimiento intra-sesional, ya que se registran las conductas objeto de estudio *frame a frame* a lo largo de la realización de cada *step*; y multidimensional, como muestran los diferentes criterios delimitados en el instrumento de observación. La observación es directa salvo en la dimensión Instrucción de la maestra, que es indirecta puesto que conlleva información verbal (Anguera, Portell et al., 2018). La observación es participante, puesto que el primer autor del trabajo interactúa con los participantes.

2.1. Participantes

En el presente trabajo se ha realizado un muestreo intencional (Anguera et al., 2019), facilitado por el interés del Centro en el desarrollo del proyecto. Los participantes han sido 24 alumnos/as (13 chicas, 54.17%; 11 chicos, 45.83%) de la clase de 3º de Educación Infantil -5años- del CEIP La Guindalera de Logroño, La Rioja, España -centro ubicado en un barrio residencial de nueva creación con alumnado fundamentalmente nacional (2% de inmigración)-. De ellos, 11 alumnos ($M = 5.624$, $DT = 0.29$) han superado la prueba de selección y realizado la propuesta de intervención (siete chicas, 63.63%; cuatro chicos, 36.37%). El presente trabajo cuenta con los consentimientos informados pertinentes y con la aprobación del Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de La Rioja (expediente nº CE-08-2020).

2.2. Instrumento de observación

El instrumento de observación ha sido elaborado *ad hoc*, y se trata de una combinación de formato de campo y sistemas de categorías (tabla 1). En cada uno de los criterios del instrumento de observación se han anidado sistemas de categorías, que cumplen las condiciones de exhaustividad y mutua exclusividad. Teniendo en cuenta las consideraciones de Anguera et al. (2007), en primer lugar se ha construido una versión inicial a partir de la revisión teórica efectuada. La construcción de la herramienta de observación se ha desarrollado a partir de un proceso dinámico de formulación inicial de categorías tentativas modificadas posteriormente conforme a una estrategia empírico-inductiva y posteriormente, de nuevo, conforme a una estrategia teórico-deductiva. Cuando ha estado lista la versión preliminar de la propuesta de instrumento de observación se ha sometido a la prueba de cautela. Esta fase se ha realizado con alumnos/as de primer, segundo y tercer curso de Educación Infantil que no forman parte del muestreo observacional de la investigación. Se ha diseñado un balanceo de grupos equivalentes

incompleto (Arnau, 2001): *step 1*, alumno de 1º de Educación Infantil; *step 2*, alumno de 3º; *step 4*, alumno de 2º; *step 6*: alumno de 1º Ed. Infantil; *step 7*: alumno de 3º; teniendo en cuenta que, por su semejanza, se seleccionó uno de los *steps 2 y 3* (trayectoria sobre pauta roja marcada en la cuadrícula) y otro de los *steps 4 y 5* (trayectoria sin pauta con puntos de paso obligatorio e inicio y final determinados). Tras realizarse los registros correspondientes y no detectarse nuevas categorías en ningún criterio, se ha superado la prueba de cautela, asumiéndose las listas tipo catálogo como listas tipo repertorio (Anguera e Izquierdo, 2006), contando con la presunción de exhaustividad de los sistemas de categorías desplegados en el formato de campo.

Tabla 1. Estructura resumida del instrumento de observación: criterios, categorías y códigos

Criterios	Categorías y códigos
<i>Step</i>	<i>Step 1 (TP1); step 2 (TP2); step 3 (TP3); step 4 (TP4); step 5 (TP5); step 6 (TP6); step 7 (TP7)</i>
Fase	Determinación del recorrido previo (DPR); elección de tarjeta (ET); movimiento asociado del robot a la elección de tarjetas (MANET); motriz (MTRZ); introducción en el robot (IN)
Intento intra-fase	Intento primero (I1); intento segundo (I2); intento tercero (I3)
Eficacia intento/fase	Resuelve (R); no resuelve (NR); concuerda con la fase de tarjetas pero no resuelve (CFT); resuelve pero no concuerda con la determinación previa del recorrido (RNDP)
Paso	Primer paso (P1); segundo paso (P2); tercer paso (P3); ... vigesimocuarto paso (P24)
Información espacial del paso	Adelante (AD); atrás (AT); giro hacia la izquierda (GI); giro hacia la derecha (GD)
Orientación del robot respecto a su posición inicial	Misma orientación (NPM); orientación lateral izquierda (NPLI); orientación lateral derecha (NPLD); en espejo (NPE)
Orientación del robot respecto al niño	Misma orientación (NNM); orientación lateral izquierda (NNLI); orientación lateral derecha (NNLD); en espejo (NPE)
Adaptación de la conducta al problema planteado	Adaptativa (ADAP); no adaptativa (NOAD)
Paso retirado	Paso anterior (PA); hasta el primer error (PPE); todos (PT); la tarjeta que está incorrecta de la secuencia (PTI); una tarjeta incorrecta de la secuencia (PUTI); una tarjeta correcta de la secuencia (PUTC)
Instrucción de la maestra	La maestra reconduce/promueve el razonamiento (MRR); la maestra reconduce/sitúa al alumno ante inacción (MRI); la maestra fija el error con una pregunta (MFE); la maestra manifiesta explícitamente el error cometido, pero no da respuesta (MENR); la maestra manifiesta explícitamente el error cometido y da respuesta (MEYR)

2.3. Procedimiento

En primer lugar, se ha realizado una fase de selección de los participantes que han pasado a la propuesta de intervención. En esta fase, se han realizado tres sesiones con todo el grupo clase: una primera, consistente en la lectura y dramatización del cuento que constituye el marco simbólico del trabajo (Gowen, 1995); una segunda sesión, psicomotora, en la que se han realizado tareas de orientación espacial sobre casillas marcadas con cinta aislante; una tercera sesión -individual-, con cinco problemas a resolver de manera motriz similares a los del *step* 1 de la propuesta de intervención. Todas estas sesiones han sido filmadas con la pretensión de evitar el sesgo de reactividad del alumnado durante las sesiones de observación (Anguera, 2003). La resolución correcta de las cinco tareas básicas que conforman la prueba de selección garantizan que los participantes tienen una capacidad de organización espacial y de resolución de problemas que les permita afrontar la propuesta de intervención al completo (los siete *steps*). Los estudiantes ($n = 11$) que han resuelto correctamente las cinco tareas propuestas, han pasado a realizar la propuesta de intervención diseñada para desarrollar el pensamiento computacional en escolares de Educación Infantil. La propuesta de intervención está formada por siete problemas, diseñados a modo de *steps* de dificultad creciente (véase figura 1).

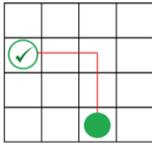
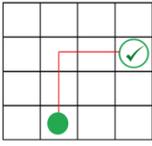
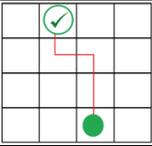
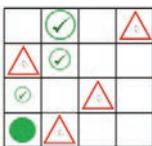
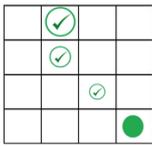
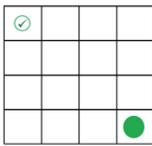
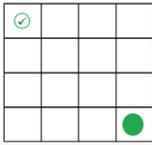
Step	Problema	Representación gráfica
Step 1	Recorrido a realizar de forma motriz, siguiendo unas órdenes previamente establecidas, para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 2	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. El robot debe recorrer el camino señalado para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 3	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema que incluye con dos giros, para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 4	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. No se presenta el camino marcado. Hay unas condiciones que debe cumplir en su recorrido: recoger por orden al protagonista pequeño, al mediano y al grande. Está prohibido pasar por las casillas en las que hay un peligro	
Step 5	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. No se presenta el camino marcado. Hay unas condiciones que debe cumplir en su recorrido: recoger por orden al protagonista pequeño, al mediano y al grande	
Step 6	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema en el que el robot tiene que recorrer el camino más corto para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 7	Problema a resolver por el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema en el que el robot tiene que recorrer el camino más largo para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	

Figura 1. Problemas constitutivos de la propuesta de intervención.

A continuación, se detalla el protocolo de intervención previamente definido que ha guiado el desarrollo de la propuesta de intervención. La colocación de cuadrículas, cajetín de tarjetas, maestra y posición inicial del alumno (y del robot) queda predefinida (véase figura 2). Cada *step* da comienzo con la explicación del reto a resolver, la presentación de las tarjetas que se pueden utilizar y las condiciones que hay que satisfacer para resolver el *step*. La interacción de la maestra con el alumno -cuyo objetivo se resume en animar y fomentar la respuesta al problema planteado- se ha desarrollado bajo las siguientes premisas: no corregir respuestas erróneas; no condicionar una respuesta

determinada; no interrumpir las verbalizaciones de los alumnos ni intervenir en ellas; animar al final de cada decisión para que el alumno continuara con el siguiente paso; en caso de que los estudiantes estén un minuto sin avanzar de paso, la maestra, por medio de preguntas, facilita el análisis de la situación por parte del alumno -nunca da la respuesta correcta-.

Para resolver cada *step* los participantes han tenido tres intentos. Los participantes pueden comenzar un nuevo intento siempre que no se sobrepasara el minuto cinco desde que da comienzo la resolución del problema. Todos los estudiantes han llevado a cabo la resolución de los siete problemas o *steps* planteados, independientemente de la respuesta dada en los mismos (adaptativa o no adaptativa).

2.4. Registro y codificación

El registro se ha realizado por orden, primero de participantes -del uno al once- y de *steps* -del uno al siete-. En total, se cuenta con 77 sesiones de observación correspondientes a la resolución de cada uno de los siete *steps* de la propuesta de intervención por los 11 participantes seleccionados.



Figura 2. Captura de un momento del registro y codificación del paquete de datos correspondiente a la participante 2, *step* 6, en el seno del *software* LINC*E*, versión 1.2.1.

Para el registro y la codificación de los 77 paquetes de datos que conforman el muestreo observacional del presente trabajo, se ha recurrido al software LINCE, versión 1.2.1 (Gabín et al., 2012) (véase figura 2).

De acuerdo con la clasificación clásica de Bakeman (1978), en el presente trabajo se han registrado datos Tipo IV, concurrentes y tiempo-base. Es decir, los datos incorporan los parámetros orden y duración y coocurren -tal y cómo se desprende del carácter multidimensional del diseño observacional, y de que el instrumento de observación sea una combinación de formato de campo y sistemas de categorías-. Asimismo, de acuerdo con Bakeman y Quera (1995), el tipo de datos es de multievento.

2.5. Calidad del dato

La constancia inter-sesional ha quedado garantizada a partir de la satisfacción, en cada una de las sesiones de observación, de la siguiente lista de mínimos: franja horaria (de 10 a 12 horas, evitando las primeras y las últimas horas de la mañana), aula de desdoble de Educación Infantil del Centro; disposición de los materiales y participantes; maestra y protocolo de intervención; maestra que se ocupó de la filmación de las sesiones; todos los participantes realizaron satisfactoriamente la prueba de selección; todos los participantes llevaban puestos dos manguitos -uno verde para la mano derecha y otro rojo para la mano izquierda-.

Fiabilidad de los datos

Para determinar la concordancia inter-observadores se ha recurrido al coeficiente Kappa de Cohen (1960), a través del programa informático LINCE. Dos han sido los observadores que han realizado el registro y codificación de los datos. Uno de ellos, el primer autor del presente trabajo que ha participado activamente en el desarrollo del sistema de observación. El segundo observador ha seguido un proceso de formación -respetando las etapas propuestas por Arana et al. (2016)- avanzando desde un proceso

teórico (la explicación conceptual del instrumento de observación), teórico-práctico (el funcionamiento del instrumento de observación en el seno del software de registro y codificación, LINCE) y finalizando con una aplicación práctica del instrumento de observación en el seno del programa de registro con cuatro sesiones de observación correspondientes a cuatro *steps* resueltos por un participante fuera de muestreo. Tras obtener un Kappa de Cohen superior a 0.80, entre los registros de los cuatro *steps* por ambos observadores, se ha dado por terminado el proceso de formación. Posteriormente ambos observadores han procedido al registro de los siete *steps* de los participantes nº 3 y nº 13 (un 18.18% del muestreo observacional).

Generalizabilidad de los resultados

La calidad del dato también se ha abordado en el seno de la teoría de la Generalizabilidad (Cronbach et al., 1972), mediante el software SAGT, versión 1.0, (Hernández-Mendo et al., 2016), a partir de Blanco-Villaseñor y Escolano-Pérez (2017):

- 1) Plan de observación. Se han dispuesto de forma “cruzada” las facetas Categorías, con 65 niveles -las categorías correspondientes a los criterios variables del instrumento de observación-; *Steps*, con siete niveles; y Participantes, con 11 niveles.
- 2) Plan de estimación. En las tres facetas se ha realizado una estimación para una población infinita.
- 3) Plan de medida. Se ha realizado el plan de medida: [Categoría] [Step] / [Participantes], para evaluar la Generalizabilidad de los resultados a partir del número de participantes que han desarrollado la propuesta de intervención.
- 4) Plan de optimización: en el presente diseño no ha sido necesario desarrollar el plan de optimización del diseño como se ha de comprobar en el apartado de resultados.

2.6. Análisis de los datos

Para mostrar el potencial de la herramienta observacional diseñada, se ha recurrido, por su potencial informativo, a una de las técnicas de análisis más relevantes

que en la actualidad se utilizan para realizar análisis diacrónicos de conducta (Santoyo et al., 2020): la detección de *T-patterns* mediante el software THEME. En concreto se ha recurrido a la versión libre (v.6 Edu). El software THEME, se fundamenta en un poderoso algoritmo desarrollado por Magnusson (1996, 2000) que permite detectar estructuras regulares de conducta ocultas en el registro. Aunque la principal aportación de THEME es la detección de *T-patterns*, el *software* también ofrece la posibilidad de detectar estructuras secuenciales bajo el parámetro orden -a partir de una asignación de duración constante a cada unidad de conducta-, lo que aporta unas posibilidades muy relevantes de cara al análisis de la secuencialidad puesto que permite deducir si las conductas son consecutivas o si en el T-pattern existen lagunas -conductas intercaladas- entre los multieventos detectados (Lapresa, Anguera et al., 2013; Lapresa, Arana et al., 2013).

Se han seleccionado los parámetros de búsqueda que a continuación se detallan (véase manual de referencia: PatternVision Ltd y Noldus Information Technology bv, 2004): a) mínimo de ocurrencias: se ha fijado una frecuencia de ocurrencia igual o mayor de 2; b) nivel de significación de 0.005, por lo que el porcentaje de probabilidad de aceptar un intervalo crítico debido al azar es de un 0.5%; c) se ha fijado la reducción de redundancias en un valor de 90 de forma que, si más del 90% de las ocurrencias de un nuevo patrón detectado comienzan y finalizan casi en el mismo tiempo que los patrones ya detectados, el nuevo patrón se desecha; d) se ha utilizado el tipo de *T-patterns free*; e) validación de resultados: se han validado los resultados aleatorizando los datos en 100 ocasiones -mediante el procedimiento *shuffling*- y aceptado sólo aquellos patrones cuya probabilidad de ser fruto del azar es igual a 0-. Una vez realizada la búsqueda se han aplicado una serie de filtros cualitativos (Amatria et al., 2017) para la selección de *T-patterns* que reflejan errores en pasos de la resolución del problema.

3. Resultados

3.1. De la concordancia entre las observaciones

Los valores del coeficiente Kappa de Cohen (1960) que aportan información sobre la fiabilidad, en forma concordancia entre paquetes de datos, se exponen en la tabla 2. En todos los bloques de datos utilizados para la determinación de la fiabilidad se ha obtenido una consideración del acuerdo, a partir de los valores de referencia fijados por Landis y Koch (1977, p. 165), de *almost perfect* (Kappa de Cohen superior a 0.80).

Tabla 2. Coeficiente Kappa de Cohen por dimensiones y *steps* en los registros de los participantes con ID3 e ID13.

	Step 1		Step 2		Step 3		Step 4		Step 5		Step 6		Step 7		
	ID3	ID3	ID13	ID13	ID3	ID13									
Step	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.0
Fase	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.97	1
Int. intra-fase	1	1	1	1	1	1	1	0.91	1	1	1	1	1	1	0.96
Eficacia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Paso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Inf. espacial	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.92	1	1	1
Robot-p.inicial	1	1	1	1	1	1	1	1	0.93	0.94	1	0.93	1	1	1
Robot-niño	1	1	1	0.84	1	1	0.92	1	0.93	0.88	0.92	0.93	1	0.97	1
Adaptación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.84	1	1
Paso retirado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Instr. maestra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total registro	1	1	1	0.98	1	1	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98	0.98	0.90

3.2. De la generalizabilidad de los resultados

En la tabla 3 se presentan los resultados del diseño [Categorías] [Steps]/ [Participantes]. Su análisis revela que la variabilidad queda asociada a la faceta categorías: 35.721%, y a la faceta de interacción [step][categorías] con un 46.396%. El análisis de los coeficientes de generalizabilidad en esta estructura de diseño determina que se consigue una fiabilidad de precisión de generalización de 0.989. Este resultado nos

permite avalar el número de participantes con el que se ha realizado la presente investigación.

Tabla 3. Resultados correspondientes al diseño de generalizabilidad [Categoría] / [Partido]

Fuentes de variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrado medio	%	Error estándar
[participante]	1096.67	10	109.66	0.16	0.10
[step]	24645.15	6	4107.52	7.22	2.87
[participante][step]	3320.06	60	55.33	1.05	0.15
[categorías]	149481.43	64	2335.64	35.72	5.29
[participante][categorías]	5443.12	640	8.50	0.41	0.07
[step][categorías]	142334.47	384	370.66	46.39	2.42
[participante][step][categorías]	24742.87	3840	6.44	9.02	0.14

3.3. De la información contenida en los registros de cada step

Sirva como ejemplo de la operatividad del instrumento de observación el registro correspondiente al participante 1 en el step 1, en el que se recoge la manera en la que se resuelve el step planteado (véase tabla 4). En este caso, la resolución planteada se corresponde con la representación gráfica de la solución ideal del step 1 (véase figura 1).

Tabla 4. Registro correspondiente al participante 1, step 1. El tiempo está expresado en frames.

TIME (frames)	EVENT
TIME	EVENT
1251	TP1,ET,I1,P1,AD,NPM,NNM,ADAP
1388	TP1,ET,I1,P2,AD,NPM,NNM,ADAP
1491	TP1,ET,I1,P3,GI,NPM,NNM,ADAP
1691	TP1,ET,I1,P4,AD,NPLI,NNLI,ADAP
1922	TP1,ET,I1,P5,AD,NPLI,NNLI,ADAP
1974	TP1,ET,I1,R
2497	TP1,MTRZ,I1,P1,AD,NNM,ADAP
2575	TP1,MTRZ,I1,P2,AD,NNM,ADAP
2605	TP1,MTRZ,I1,P3,GI,NNM,ADAP
2641	TP1,MTRZ,I1,P4,AD,NNLD,ADAP
2672	TP1,MTRZ,I1,P5,AD,NNLD,ADAP
2698	TP1,MTRZ,I1,R

3.4. De la información contenida en la agrupación de clústers de los *T-patterns* detectados

Por su relevancia, se exponen los *T-patterns* detectados mediante el software THEME (v.6 Edu), conforme los parámetros de búsqueda y al filtro cualitativo de selección prefijado. Este filtro cualitativo se refiere a la presencia, en los *T-patterns* detectados, de conductas no adaptativas -es decir, aquellas en las que el paso que da el estudiante en el elemento secuencial correspondiente no conduce a la resolución del problema-. La presencia de estas conductas no adaptativas aporta información relevante acerca de las dificultades del niño en lo relativo a la asimilación de un lenguaje computacional incipiente. Teniendo en cuenta la cuestión de la degradación (véase Lapresa et al., 2015), se ha seleccionado el *T-pattern* que incluye un mayor número de participantes y que cuenta con una mayor cantidad de multieventos constitutivos.

En la tabla 5 se muestra el número de orden de cada *T-pattern* seleccionado, el patrón en formato cadena, los participantes que los realizan, y la media de intervalos internos entre multieventos -de forma que si el intervalo interno es igual a 1, se tiene la seguridad de que las conductas reflejadas en el patrón son consecutivas-.

Tabla 5. *T-patterns* detectados con los parámetros de búsqueda y criterios de selección previamente definidos.

Nº orden	Patrón formato cadena	Participantes	Media del intervalo interno
1.1.	((tp1.et,i1,p6.ad,npli,nkli,noad tp1.et,i1,nr)(tp1,mtrz,i1,p1.ad,nnm,adap tp1,mtrz,i1,p2.ad,nnm,adap)(((tp1,mtrz,i1,nr tp1.et,i2,pti)(tp1.et,i2,r tp1,mtrz,i2,pt))((tp1,mtrz,i2,p1.ad,nnm,adap (tp1,mtrz,i2,p2.ad,nnm,adap tp1,mtrz,i2,p3.gi,nnm,adap))((tp1,mtrz,i2,p4.ad,nnld,adap tp1,mtrz,i2,p5.ad,nnld,adap) tp1,mtrz,i2,r))))	3 y 8	Todos 1
1.2.	(tp1.et,i1,p6.ad,npli,nkli,noad tp1.et,i1,nr)	3, 8 y 11	Todos 1
2.1.	((tp2.et,i1,p1.ad,npm,nnm,adap tp2.et,i1,p2.ad,npm,nnm,adap)((tp2.et,i1,p6.ad,npld,nnld,noad (tp2.et,i1,nr tp2.in,i1,p1.ad,npm,nnm,adap)(((tp2.in,i1,p2.ad,npm,nnm,adap tp2.in,i1,p5.ad,npm,nnm,adap)(tp2.et,i2,mrr tp2.et,i2,pa))(tp2.in,i2,pt tp2.in,i2,p1.ad,npm,nnm,adap))(tp2.in,i2,p2.ad,npm,nnm,adap tp2.in,i2,p5.ad,npm,nnm,adap))))	8 y 11	1-4-1-1-1-3-3-1-2-1-1-3
3.1.	((tp3.et,i1,p1.ad,npm,nnm,adap tp3.et,i1,p2.ad,npm,nnm,adap) tp3.et,i1,p3.gi,npm,nnm,adap)(tp3.et,i1,p4.ad,npli,nkli,adap tp3.et,i1,p5.ad,npli,nkli,noad)	1, 3 y 5	Todos 1
3.2.	((tp3.et,i1,p3.gi,npm,nnm,adap ((tp3.et,i1,p4.gd,npli,nkli,noad tp3.et,i1,p5.ad,npm,nnm,adap)(tp3.et,i1,nr tp3.in,i1,p1.ad,npm,nnm,adap))((tp3.in,i1,p5.ad,npm,nnm,adap tp3.in,i1,cft))(tp3.et,i2,ppe (tp3.et,i2,p4.ad,npli,nkli,adap tp3.in,i2,pt))(tp3.in,i2,p1.ad,npm,nnm,adap (tp3.in,i2,p3.gi,npm,nnm,adap tp3.in,i2,p4.ad,npm,nnm,adap))))	8 y 10	1-1-1-1-1-1-2-1-2-1-1
4.1.	((tp4.et,i1,p2.gd,npm,nnm,adap tp4.et,i1,p3.ad,npld,nnld,adap) tp4.et,i1,p4.ad,npld,nnld,noad)	4, 7, 8, 9, 10 y 11	Todos 1
5.1.	((tp5.et,i1,p2.gi,npm,nnm,adap tp5.et,i1,p3.ad,npli,nkli,adap)((tp5.et,i1,p4.gd,npli,nkli,noad tp5.et,i1,p5.ad,npm,nnm,adap)(tp5.et,i1,p6.ad,npm,nnm,adap tp5.et,i1,nr))((tp5.in,i1,p1.ad,npm,nnm,adap ((tp5.in,i1,p2.gi,npm,nnm,adap tp5.in,i1,p3.ad,npm,nnm,adap)(tp5.in,i1,p5.ad,npm,nnm,adap tp5.in,i1,cft))((tp5.in,i2,pt tp5.in,i2,p1.ad,npm,nnm,adap))(tp5.in,i2,p2.gi,npm,nnm,adap tp5.in,i2,p3.ad,npm,nnm,adap) tp5.in,i2,p4.ad,npm,nnm,adap))))	4 y 7	1-1-1-1-1-1-1-1-2-2-8-1-1-1-1
5.2.	((tp5.et,i1,p4.ad,npli,nkli,adap tp5.et,i1,p5.ad,npli,nkli,noad)(((tp5.et,i1,nr tp5.in,i1,p1.ad,npm,nnm,adap)(tp5.in,i1,p2.gi,npm,nnm,adap tp5.in,i1,p3.ad,npm,nnm,adap))((tp5.in,i1,p4.ad,npm,nnm,adap tp5.in,i1,p5.ad,npm,nnm,adap))(tp5.in,i1,cft tp5.et,i2,nr))))	1 y 9	1-1-1-1-1-1-1-1-6
6.1.	((tp6.dpr,i1,p3.ad,npm,nnm,adap tp6.dpr,i1,p4.gi,npm,nnm,adap)(tp6.dpr,i1,p5.ad,npli,nkli,adap tp6.dpr,i1,p6.ad,npli,nkli,adap))(((tp6.dpr,i1,r tp6.et,i1,p1.ad,npm,nnm,adap) tp6.et,i1,p5.ad,npli,nkli,adap))((tp6.et,i1,p6.ad,npli,nkli,adap (tp6.et,i1,nr (tp6.in,i1,p1.ad,npm,nnm,adap tp6.in,i1,p2.ad,npm,nnm,adap))(tp6.in,i1,p3.ad,npm,nnm,adap))(tp6.in,i1,p5.ad,npm,nnm,adap tp6.in,i1,p6.ad,npm,nnm,adap))	3 Y 9	1-1-1-2-1-4-1-2-1-1-1-2-1
7.1.	(tp7.et,i2,mrr (tp7.et,i2,p12.ad,npe,nne,noad (tp7.et,i2,p13.ad,npe,nne,noad tp7.et,i2,nr))	4 y 9	10-1-2
7.2.	(tp7.dpr,i1,p6.ad,npm,nnm,adap ((tp7.dpr,i1,p9.ad,npli,nkli,adap tp7.dpr,i1,r)(tp7.et,i1,p13.ad,npe,nne,noad tp7.et,i1,nr))	4 y 5	3-1-34-4

4. Discusión

Se ha diseñado una propuesta de intervención para el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil, mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada. Cada uno de los *steps* que conforman la propuesta supone un reto promotor del razonamiento lógico (Bers, 2018), contextualizado en un marco lúdico de juego simbólico (Gowen, 1995).

Para la evaluación de la propuesta de intervención se ha recurrido a la metodología observacional (Anguera, 1979), ya que se cumplen los requisitos fundamentales de comportamiento habitual, realización en contexto natural y perceptividad de las conductas realizadas (Anguera, 2003). Otro elemento característico de la metodología observacional es que el instrumento de observación utilizado no es estándar, sino que ha sido elaborado *ad hoc* para este estudio, a partir de un proceso dinámico de trasvase entre el marco teórico y la realidad, y habiendo superado la prueba de cautela que permite definir la lista tipo repertorio que conforma cada sistema de categorías (Anguera et al., 2007).

En lo relativo a la fiabilidad del sistema de observación, los resultados obtenidos revelan una elevada concordancia interobservadores calculada a través del coeficiente Kappa de Cohen (1960). Se ha obtenido una consideración del acuerdo “casi perfecto” correspondiente a valores de Kappa de Cohen superiores a 0.80, a partir de los valores de referencia clásicos de Landis y Koch (1977).

En lo relativo a la generalizabilidad, el plan de medida [Categorías] [Steps]/ [Participantes], ha permitido asegurar que, con el número de participantes analizados, se consigue una elevada fiabilidad de precisión de generalización (0.989), lo cual avala la homogeneidad de la conducta desplegada por los participantes.

La operatividad del sistema de observación desarrollado se refleja, por un lado, en los registros correspondientes a cada paquete de datos de cada participante en cada *step*; y, por otro, en los *T-patterns* detectados, mediante el software THEME. Y es que, es en los análisis diacrónicos donde la metodología observacional muestra todo su potencial (Anguera et al., *in press*).

Respecto a los registros correspondientes a cada paquete de datos, el instrumento de observación diseñado permite representar la conducta del niño y su interacción con la maestra de una manera lineal -temporal- y esquemática. Esta representación facilita la comprensión de cada uno de los pasos realizados por los participantes en la realización de cada uno de los *steps* que constituyen la propuesta de intervención.

La interpretación de las estructuras regulares de conducta detectadas (*T-patterns*), constituye un magnífico reflejo de las dificultades concretas de asimilación de un lenguaje computacional incipiente en el alumnado de 5 años; y de las posibilidades de autoevaluación del proceso que aporta la resolución de los problemas a través del pensamiento computacional. Las dificultades concretas de asimilación de un lenguaje computacional incipiente en el alumnado de 5 años, se caracterizan a partir de los errores reflejados en los *T-patterns*, relacionados con la capacidad de orientación espacial y la capacidad de secuenciación del niño -ya sea en lo relativo a situaciones que implican giro o al número de tarjetas (comandos) empleadas en la secuencia-.

Cada uno de los *steps* planteados supone un requerimiento de la capacidad de orientación espacial del niño -respecto a sí mismo, respecto al robot, o respecto a una celda de referencia-. Se ha evidenciado la dificultad del alumnado de 5 años para resolver el paso que implica una orientación del robot diferente a la suya propia. a) En el *step 7* -el único *step* en el que se ha registrado una orientación en espejo entre el niño y el robot, se han detectado *T-patterns* que muestran errores cometidos, cuando la orientación del niño es contraria a la del

robot: el *T-pattern* con número de orden 7.2 muestra como los participantes 4 y 5 realizan correctamente la fase de recorrido previo pero en la fase de elección de tarjetas, ante esta situación descrita, cometen el error; el *T-pattern* con número de orden 7.1, refleja como los participantes 4 y 9 comienzan un segundo intento en la fase elección de tarjeta -tras una intervención de la maestra en la que promueve el razonamiento del alumno- pero fallan en el paso en el que la orientación del robot es contraria a la del niño. b) Se han detectado dos *T-patterns* que reflejan un mismo error en la fase de elección de tarjetas cuando el robot se encuentra girado 90° a su izquierda: el *T-pattern* con número de orden ID 3.1. (participantes 1, 3 y 5 en el *step* 3) y el *T-pattern* con número de orden ID 5.2 (participantes 1 y 9, en el *step* 5), en el que los participantes seleccionan, de forma incorrecta, una tarjeta con el comando “adelante” en lugar de “giro a la derecha”. c) Cuando el robot se encuentra girado 90° a su derecha, en la fase de elección de tarjetas, se ha detectado el mismo error que en la situación anterior, pero con orientación contraria. En concreto, el *T-pattern* con número de orden 4.1 (participantes 4, 7, 8, 9, 10 y 11, en el *step* 4) en el que los participantes seleccionan, de forma incorrecta, una tarjeta con el comando “adelante” en lugar de “giro a la izquierda”.

En segundo lugar, se han constatado limitaciones en la asimilación de un lenguaje computacional incipiente, a partir de los *T-patterns* detectados que reflejan errores en la elección de las tarjetas relacionados con el comando “giro”. El comando giro -a la izquierda o a la derecha- supone la realización de la instrucción sin desplazamiento de casilla. Para mover de una casilla a otra es necesario el comando “adelante”. Se han detectado *T-patterns* que muestran la dificultad que supone en el niño de 5 años tener presente esta premisa: a) el *T-pattern* con número de orden 3.2, muestra cómo los participantes 8 y 10, en el *step* 3, omiten el comando “adelante” entre el giro a la izquierda y el giro a la derecha planteado; b) el *T-pattern* con número de orden 5.1., refleja como los participantes 4 y 7, en el *step* 5, no introducen el comando “adelante” antes del giro; c) el *T-pattern* con número de orden 5.2., que

ya ha sido presentado en el apartado de dificultades derivadas de la capacidad de orientación espacial del niño, muestra cómo los participantes 1 y 9, en el *step* 5, seleccionan sólo cinco de los siete pasos que debe contener la secuencia correcta; en todos los casos se ha producido la omisión del comando “adelante” tras la realización de giro.

Muestra de las limitaciones de la capacidad de secuenciación del niño (Elkin et al., 2014), son los errores relacionados con el número de tarjetas empleadas en la resolución del problema y que no se ven afectados por la presencia del comando “giro”. En el problema de resolución motriz (*step* 1), el *T-pattern* con número de orden 1.2, refleja cómo los participantes 3, 8 y 11 seleccionan, en su primer intento, una tarjeta de más en la secuencia -la última, con el comando “adelante”-. El mismo error de secuenciación se ha detectado en el *step* 2. En concreto, el *T-pattern* con número de orden 2.1, muestra cómo los participantes 8 y 11, seleccionan, en su primer intento, una tarjeta de más en la secuencia -la última, con el comando “adelante”-. El *T-pattern* con número de orden 6.1 muestra cómo los participantes 3 y 9, habiendo satisfecho correctamente los seis primeros pasos del *step* 6, cometen errores en la última parte de la secuenciación en la que sólo deben activarse comandos “adelante”.

La descomposición de los problemas en partes más simples y la elaboración de algoritmos de resolución han permitido al alumnado realizar una autoevaluación del proceso a través del pensamiento computacional (Wing, 2006), como nos muestran los *T-patterns* que incorporan una autoevaluación del procedimiento. En el *step* 1, el único *step* que cuenta con fase motriz, los *T-patterns* con número de orden 1.1 (participantes 3 y 8) y número de orden 1.2 (participantes 3, 8 y 11) muestran cómo el alumnado descubre por sí mismo, en la fase motriz, el error concreto en la secuencia de tarjetas seleccionadas y lo autocorrigió satisfactoriamente, y sin intervención de la maestra, en el segundo intento de la fase elección de tarjetas. Por otro lado, a partir del *feedback* que brinda el recorrido seguido por el robot, el *T-pattern* con número de orden 2.1 muestra una autocorrección -en un segundo intento y

retirando la tarjeta correspondiente al comando equivocado- de los participantes 8 y 11 en el *step 2*, tras descubrir el error de programación como consecuencia del recorrido del robot.

El empleo de un robot educativo ha favorecido la comprensión y análisis de los retos planteados, pero la interacción de la maestra con los participantes ha resultado ser un aspecto muy relevante para canalizar el razonamiento en el alumnado (Bers et al., 2019; Alonso-Tapia y Nieto, 2019) a partir de los errores cometidos -a la finalización del intento-, promoviendo la autocorrección por parte de los participantes. Sirva de ejemplo el *T-pattern* con número de orden 2.1. (*step 2*) que refleja cómo la maestra promueve el razonamiento en los participantes 8 y 11 al inicio del segundo intento de la fase de elección de tarjetas, que finalizará con la satisfacción del reto por los participantes.

El sistema de observación diseñado ha permitido caracterizar las dificultades en la asimilación de un lenguaje computacional incipiente del alumnado de Educación Infantil. Los resultados obtenidos, permiten la optimización de las secuencias didácticas que constituyen los problemas con robots de suelo de direccionalidad programada, favoreciendo la mejora de programas educativos que estimulen el desarrollo del pensamiento computacional en las escuelas (Bers et al., 2019; Lee et al., 2011). En un trabajo posterior se pretende ampliar el estudio desarrollado a niños de todos los cursos de Educación Infantil para poder profundizar en el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil y de las dificultades aparejadas.

Referencias

Aho, A.V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>

- Alonso-Tapia, J., y Nieto, C. (2019). Clima emocional de clase: naturaleza, medida, efectos e implicaciones para la educación. *Revista de Psicodidáctica*, 24(2), 79-87.
<https://doi.org/10.1016/j.psicod.2018.08.002>
- Alsina, A. (2017). Caracterización de un modelo para fomentar la alfabetización matemática en la infancia: vinculando la investigación con las buenas prácticas. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, 12, 59-78.
<https://doi.org/10.35763/aiem.v1i12.181>
- Amatria, M., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M.T., y Jonsson, G.K. (2017). Detection and selection of behavioral patterns using Theme: a concrete example in grassroots soccer. *Sport*, 5(20), 1-16. <https://doi.org/10.3390/sports5010020>
- Anguera, M.T. (1979) Observational typology. *Quality & Quantity. European- American Journal of Methodology*, 13(6), 449-484.
- Anguera, M.T. (2003). Observational methods (General). In R. Fernández-Ballesteros (Ed.), *Encyclopedia of psychological assessment, Vol. 2* (pp. 632-637). Sage.
- Anguera, M.T. e Izquierdo, C. (2006). Methodological approaches in human communication: From complexity of perceived situation to data analysis. In G. Riva, M.T. Anguera, B.K. Wiederhold, y F. Mantovani (Coord.), *From communication to presence. Cognition, emotions and culture towards the ultimate Communicative experience* (pp. 203-222). IOS Press.
- Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A. y Losada, J. (2011). Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63-76.
- Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Jonsson, G.K., Losada, J.L. y Portell, M. (Eds.) (2019). *Systematic observation: engaging researchers in the study of daily life as it is lived*. Lausanne: Frontiers Media. <http://dx.doi.org/10.3389/978-2-88945-962-9>

- Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J.L., Sánchez-Algarra, P. y Onwuegbuzie, A.J. (2018). Revisiting the difference between mixed methods and multimethods: is it all in the name? *Quality & Quantity*, 52, 2757-2770. <https://doi.org/10.1007/s11135-018-0700-2>
- Anguera, M.T., Magnusson, M.S. y Jonsson, G.K. (2007). Instrumentos no estándar. *Avances en Medición*, 5(1), 63-82.
- 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*, 9:13. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00013>
- Anguera, M.T., Portell, P., Hernández-Mendo, A., Sánchez-Algarra, P. y Jonsson, G. K. (in press). Diachronic analysis of qualitative data. In A.J. Onwuegbuzie and B. Johnson (Eds.), *Reviewer's guide for mixed methods research analysis*. Routledge.
- Arana, J., Lapresa, D., Anguera, M.T. y Garzón, B. (2016). Ad hoc procedure for optimising agreement between observational records. *Annals of Psychology*, 32(2), 589-595. <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.32.2.213551>
- Arnau, J. (2001). *Diseños experimentales*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.
- Bakeman, R. (1978). Untangling streams of behavior: sequential analysis of observation data. In G.P. Sackett (Ed.) *Observing behaviour, Vol. II: data collection and analysis methods* (pp. 63-78). University Park Press.
- Bakeman, R. y Quera, V. (1995). *Analyzing interaction: sequential analysis with SDIS and GSEQ*. Cambridge University Press.
- Bers, M.U. (2008). *Blocks, robots and computers: learning about technology in early childhood*. Teacher's College Press.

- Bers, M.U. (2018). *Coding as a playground: programming and computational thinking in the early childhood classroom*. Routledge press.
- 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>
- Bers, M.U., González, C. y Armas, U. (2019). Coding as a playground: promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>
- Blanco-Villaseñor, A. y Escolano-Pérez, E. (2017). Observational data analysis using generalizability theory and general and mixed linear models: an empirical study of infant learning and development. *Anales of Psychology*, 33(3), 450-460. <https://doi.org/10.6018/analesps.33.3.271021>
- Clements, D.H. y Sarama, J. (1997). Research on logo: a decade of progress. *Computers in the Schools*, 14(1), 9-46. https://doi.org/10.1300/J025v14n01_02
- Città, G., Gentile, M., Allegra, M., Arrigo, M., Conti, D., Ottaviano, S., ... y Sciortino, M. (2019). The effects of mental rotation on computational thinking. *Computers & Education*, 141, 103613. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103613>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.
- Cronbach, L.J., Gleser, G.C., Nanda, H. y Rajaratnam, N. (1972). *The dependability of behavioral measurements: theory of generalizability for scores and profiles*. Wiley.
- Del Olmo-Muñoz, J., Cózar-Gutiérrez, R. y González-Calero, J. A. (2020). Computational thinking through unplugged activities in early years of primary education. *Computers & Education*, 150, 10832, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.10832>

- 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.
- Elkin, M., Sullivan, A. y Bers, M. U. (2014). Implementing a robotics curriculum in an early childhood Montessori classroom. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 13, 153-169. <https://doi.org/10.28945/2094>
- Fessakis, G., Gouli, E. y Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5-6 years old kindergarten children in a computer programming environment: a case study. *Computers and Education*, 63, 87-97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.016>
- Gabín, B., Camerino, O., Anguera, M.T. y Castañer, M. (2012). Lince: multiplatform sport analysis software. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>
- Google for Education (2015). Exploring computational thinking. <https://www.google.com/edu/resources/programs/exploring-computational-thinking/>
- Gowen, J.W. (1995). Research in review. The early development of symbolic play. *Young Children*, 50(3), 75-84.
- Hernández-Mendo, A., Blanco-Villaseñor, A., Pastrana, J.L., Morales-Sánchez, V. y Ramos-Pérez, F.J. (2016). SAGT: Aplicación informática para análisis de generalizabilidad. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 77-89. <https://doi.org/10.4321/s1578-84232012000100006>
- Jiménez-Gestal, C., Berciano, A. y Salgado, 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>

- Kalelioğlu, F. (2015). Una nueva forma de enseñar habilidades de programación a estudiantes de K-12: código. org. *Computers in Human Behavior*, 52, 200-210. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.047>
- Kazakoff, E.R., Sullivan, A. y Bers, M.U. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245–255. <http://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>
- Landis, J.R. y Koch, G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174. <http://doi.org/10.2307/2529310>
- Lapresa, D., Anguera, M.T., Alasua, R., Arana, J. y Garzón, B. (2013). Comparative analysis of T-patterns using real time data and simulated data by assignment of conventional durations: the construction of efficacy in children's basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 321-339. <https://doi.org/10.1080/24748668.2013.11868651>
- Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M.T. y Garzón, B. (2013). Comparative analysis of the sequentiality using SDIS-GSEQ and THEME: a concrete example in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 31(15), 1687-1695. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.796061>
- Lapresa, D., Camerino, O., Cabedo, J., Anguera, M.T., Jonsson, G.K. y Arana, J. (2015). Degradación de *T-patterns* en estudios observacionales: un estudio sobre la eficacia en el ataque de fútbol sala. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 71-82. <http://dx.doi.org/10.4321/S1578-84232015000100007>
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J. y Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *ACM Inroads*, 2(1), 32-37. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929902>

- Magnusson, M.S. (1996). Hidden real-time patterns in intra- and inter-individual behavior. *European Journal of Psychological Assessment*, 12(2), 112-123.
<https://doi.org/10.1027/1015-5759.12.2.112>
- Magnusson, M.S. (2000). Discovering hidden time patterns in behavior. *T-patterns and their detection. Behavior Research Methods, Instruments y Computers*, 32(1), 93-110.
<https://doi.org/10.3758/BF03200792>
- Mercader, J., Presentación, M.J., Siegenthaler, R., Molinero, V. y Miranda, A. (2017). Motivación y rendimiento académico en matemáticas: un estudio longitudinal en las primeras etapas educativas. *Revista de Psicodidáctica*, 22(2), 157-163.
<https://doi.org/10.1016/j.psicod.2017.05.007>
- Papert, S. (1981). *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. Basic Books.
- PatternVision Ltd, y Noldus Information Technology bv (2004). *Theme, powerful tool for detection and analysis of hidden patterns in behaviour*. Reference manual, version 5.0. Noldus Information Technology bv.
- 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 y 2), 9-20.
<https://doi.org/10.17811/msg.30.1.2018.9-20>
- Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K. y Silverman, B. (1998, January). Digital manipulatives: new toys to think with. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 281-287.
<http://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Santoyo, C., Jonsson, G.K., Anguera, M.T., Portell, M., Allegro, A., Colmenares, L. y Torres, G.Y. (2020). T-patterns integration strategy in a longitudinal study: a multiple case

- analysis. *Physiology & Behavior*, 222, 112-904.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112904>
- Sarama, J. y Clements, D.H. (2004). Building blocks for early childhood mathematics. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 181-189.
<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2004.01.014>
- 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.
<http://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- Wing, J.M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
<http://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>

5.4. Estudio 4: Resultados obtenidos en 1º de Educación Infantil

Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil -3 años- mediante una propuesta de resolución de problemas con un robot de suelo de direccionalidad programada

Resumen

Se presenta una secuencia de problemas de dificultad creciente para desarrollar el pensamiento computacional en el primer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil -3 años- mediante un robot de suelo de direccionalidad programada. En el seno de la metodología observacional se ha conseguido caracterizar la capacidad de pensamiento computacional de los escolares de Educación Infantil-3años, en los diferentes problemas que conforman la propuesta de intervención diseñada. La fiabilidad de los datos, en forma de concordancia inter-observadores, ha sido garantizada mediante el coeficiente Kappa. Un análisis de generalizabilidad avala el muestreo observacional realizado. El desarrollo de las capacidades de organización espacial y autoevaluación del alumno, así como la intervención de la maestra, se han relevado como aspectos claves en la resolución de problemas matemáticos por medio del pensamiento computacional en Educación Infantil-3años.

Palabras clave: pensamiento computacional, Educación Infantil -3 años-, robótica educativa, metodología observacional.

Abstract

A sequence of problems of increasing difficulty is presented to develop computational thinking in the first level of the second cycle of Early Childhood Education -3 years- by means of a programmed directionality ground robot. With the use the observational methodology, it has

been possible to characterize the computational thinking capacity of Early Childhood Education -3 years old- schoolchildren, in the different problems that make up the intervention proposal designed. The reliability of the data has been guaranteed, in the form of inter-observer agreement, by means of the Cohen's Kappa coefficient. A generalizability analysis supports the observational sampling carried out. The development of the capacities of spatial organization and self-evaluation of the student, as well as the intervention of the teacher, have been revealed as key aspects in the resolution of mathematical problems through computational thinking in Early Childhood Education -3 years old-.

Keywords: computational thinking, Early Childhood Education-3 years, educational robotics, observational methodology.

1. Introducción

La expresión pensamiento computacional que acuñó Wing (2006) implica la resolución de problemas, el diseño de sistemas, y la comprensión de la conducta humana, haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática, debiendo ser considerada una destreza primordial para el ser humano y resultando fundamental en la resolución de problemas matemáticos. Posteriormente Wing (2008) aclaró que el concepto de pensamiento computacional integra el conjunto de fases de pensamiento incluidas en la resolución de problemas, de manera que los procesos implicados puedan abordarse por herramientas procesadoras de la información. Aho (2012) matizó que el pensamiento computacional incluye todos los procesos implicados en la formulación de problemas y que, por tanto, las soluciones pueden ser representadas en forma de pasos y algoritmos. De esta forma, el pensamiento computacional permite definir, comprender y resolver problemas mediante el uso de conceptos propios de la informática (Bers et al., 2019).

En los últimos años, el pensamiento computacional se ha convertido en una cuestión clave de la innovación educativa, haciendo de las escuelas entornos de alfabetización tecnológica (Bers et al., 2019; Manches y Plowman, 2017; Zapata-Ros, 2015). En el segundo ciclo de la etapa de Educación Infantil -entre 3 y 6 años-, se está trabajando para integrar la tecnología en las aulas, convirtiendo la enseñanza de la robótica y de la programación en materias accesibles y satisfactorias para los escolares (Barron et al., 2011; Bers et al., 2014). Los escolares del segundo ciclo de Educación Infantil tienen capacidad suficiente para desarrollar sencillos proyectos de robótica (Cejka et al., 2006; Kazakoff et al., 2013), aprender nociones de programación y desarrollar competencias de pensamiento computacional (Bers, 2008). Resulta de interés conocer las posibilidades que ofrece la robótica y la programación entre escolares más jóvenes en términos de desarrollo cognitivo, motriz y de interacción social

(Bers, 2008; Bers et al., 2013; Lee et al., 2013) y, en concreto, en la resolución de problemas matemáticos (Brosterman, 1997; Resnick et al., 1998).

La generación de *Tangible User Interfaces* (Strawhacker y Bers, 2015) aporta múltiples posibilidades para el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil (Bers, 2008; Roger y Porstmor 2004). Está creciendo considerablemente el empleo de estos robots educativos, que permiten introducir lenguajes de programación (Avello et al, 2020; Kazakoff et al., 2013; Sullivan y Bers, 2016), contribuyendo a favorecer en el alumnado procesos de comprensión matemáticos, destrezas en la resolución de problemas y el desarrollo de habilidades de secuenciación (Bers, 2008; Diago et al., 2018; Kazakoff et al., 2013), competencias que tradicionalmente han sido trabajadas en las escuelas infantiles (Kazakoff y Bers, 2011). La integración de robots de suelo de direccionalidad programada se ve facilitada por su carácter intuitivo, que permite a los escolares de Educación Infantil -3 a 6 años- caracterizados por un incipiente pensamiento computacional, identificar rutinas, codificar, y reconocer errores de programación cuando el robot no realiza el camino diseñado. De este modo, los estudiantes construyen aprendizajes significativos que les ayudan a resolver situaciones problemáticas reales (Clements y Sarama, 1997; Fessakis et al., 2013; Jiménez-Gestal et al., 2019) por medio de nociones computacionales (Wing, 2006) en un entorno lúdico propicio para avivar la indagación y potenciar el aprendizaje (Mazas et al., 2018).

En el presente trabajo se presenta una propuesta de intervención para el alumnado del primer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil -3 años-, constituida por una secuencia de problemas de dificultad creciente a resolver mediante un robot de suelo de direccionalidad programada. El objetivo de este trabajo consiste en caracterizar el pensamiento computacional en el alumnado del primer curso de Educación Infantil -3 años-, durante la resolución de cada uno de los problemas de dificultad creciente que constituyen la propuesta de intervención.

2. Método

El presente trabajo se ha desarrollado en el seno de la metodología observacional (Anguera, 1979). El diseño observacional es: nomotético -alumnos de Educación Infantil-3 años que actúan individualmente-; de seguimiento inter e intra-sesional -se registran las conductas objeto de estudio *frame a frame* a lo largo de la realización de los siete *steps* que constituyen la propuesta de resolución de problemas-; y multidimensional -lo que configura los diferentes criterios del instrumento de observación-. El grado de perceptividad es total (observación directa) en unas dimensiones, y parcial (observación indirecta) en otras (Anguera, Portell et al., 2018). La observación es participante, puesto que el primer autor del trabajo interactúa con los participantes.

3. Participantes

En el presente trabajo se ha realizado un muestreo intencional. Los participantes han sido 25 alumnos/as de la clase de Educación Infantil-3años del CEIP La Guindalera (Logroño, España). La edad de los 12 participantes que superaron la prueba de selección y han realizado la propuesta de intervención se corresponde con una media de 3,64 años y una desviación típica de 0.19. El presente trabajo cuenta con los consentimientos informados pertinentes y con la aprobación del Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de La Rioja (expediente CE-08-2020).

4. Instrumento de observación

El instrumento de observación ha sido elaborado *ad hoc* (Terroba et al, 2021). Es una combinación de formato de campo y sistemas de categorías (tabla 1), ya que en cada uno de

los criterios del instrumento se han anidado sistemas de categorías que cumplen las condiciones de exhaustividad y mutua exclusividad (Anguera, 2003).

Tabla 1. Estructura resumida del instrumento de observación: criterios, categorías y códigos

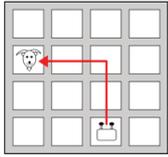
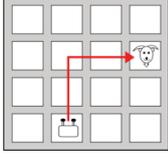
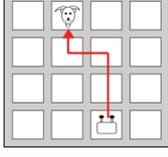
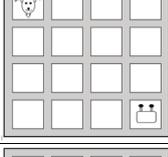
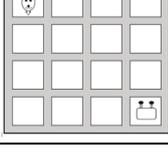
Criterios	Sistemas de categorías y códigos
<i>Step</i>	<i>Step 1(TP1), step 2(TP2), step 3(TP3), step 4(TP4), step 5(TP5), step 6(TP6), step 7(TP7)</i>
Fase	Determinación del recorrido previo(DPR), elección de tarjeta(ET), movimiento asociado del robot a la elección de tarjetas(MANET), motriz(MTRZ), introducción en Next(IN)
Intento intra-fase	Intento primero(I1), intento segundo(I2), intento tercero(I3)
Eficacia intento/fase	Resuelve(R), no resuelve(NR), concuerda con la fase de tarjetas pero no resuelve(CFT), resuelve pero no concuerda con la determinación previa del recorrido(RNDP)
Paso	Primer paso(P1)...vigesimocuarto paso (P24)
Información espacial del paso	Adelante(AD), atrás(AT), izquierda(GI), derecha(GD)
Orientación del robot respecto a la posición inicial	Misma orientación(NPM), lateral izquierda(NPLI), lateral derecha(NPLD), en espejo(NPE)
Orientación del robot respecto al niño	Misma orientación(NNM), lateral izquierda(NNLI), lateral derecha(NNLD), en espejo(NNE)
Adaptación de la conducta al problema planteado	Adaptativa(ADAP), no adaptativa(NOAD)
Tarjeta retirada	Anterior(PA), hasta primer error(PPE), todas(PT), tarjeta incorrecta de la secuencia(PTI), una tarjeta incorrecta de la secuencia(PUTI), una tarjeta correcta de la secuencia(PUTC)
Instrucción de la maestra	Promueve el razonamiento(MRR), reconduce ante inacción(MRI), fija el error con una pregunta(MFE), manifiesta explícitamente el error cometido pero no da la respuesta(MENR), manifiesta explícitamente el error cometido y da la respuesta(MEYR)

5. Procedimiento

En primer lugar, se desarrolló una prueba de selección constituida por tres tareas básicas a realizar de forma motriz, cuya resolución correcta permitiera garantizar que los participantes tuvieran una capacidad de organización espacial y de resolución de problemas suficiente para afrontar la propuesta de intervención al completo: 1) problema de recorrido en línea recta; 2) recorrido con pocos pasos y con un giro; 3) recorrido con mayor número de pasos y con un giro. Las habilidades de secuenciación de pasos mostradas en las tareas de la prueba de selección no requieren de la abstracción necesaria en la resolución de problemas posteriores.

Del total de los 25 participantes, 12 resolvieron de forma correcta las tres tareas propuestas y accedieron a la propuesta de intervención, formada por siete problemas, diseñados a modo de *steps* de dificultad creciente (véase Tabla 2).

Tabla 2. Estructura de la secuencia de problemas.

<i>Step</i>	Problema	Representación gráfica
<i>Step 1</i>	Recorrido a realizar de forma motriz, realizando los pasos de forma análoga al robot, para llegar hasta el protagonista del contexto simbólico. La fase motriz se realiza en una cuadrícula de tamaño apropiado a las posibilidades de desplazamiento del niño	
<i>Step 2</i>	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. El robot debe recorrer el camino señalado para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
<i>Step 3</i>	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema que incluye con dos giros, para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
<i>Step 4</i>	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. No se presenta el camino marcado. Hay unas condiciones que debe cumplir en su recorrido: recoger por orden al protagonista pequeño, al mediano y al grande. Está prohibido pasar por las casillas en las que hay un peligro	
<i>Step 5</i>	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. No se presenta el camino marcado. Hay unas condiciones que debe cumplir en su recorrido: recoger por orden al protagonista pequeño, al mediano y al grande	
<i>Step 6</i>	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema en el que el robot tiene que recorrer el camino más corto para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
<i>Step 7</i>	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema en el que el robot tiene que recorrer el camino más largo para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	

En el primero de ellos es el niño el que realiza el recorrido de forma motriz en una cuadrícula de tamaño apropiado a sus posibilidades de desplazamiento. En el resto de los *steps* el problema se resuelve mediante el robot de suelo de direccionalidad programada, requiriendo unos niveles superiores de abstracción (Wing, 2006). La secuencia avanza en dificultad desde

los problemas de un único giro (problema 1 y 2) y de doble giro sobre camino marcado (problema 3), llegando a problemas de doble giro sin camino marcado (problemas 4 y 5), para terminar con problemas de solución abierta (problema 6, recorrido corto; y problema 7 de recorrido largo). La secuenciación de los problemas elegida permite a los aprendices incorporar los procedimientos de resolución exitosos y usarlos en planteamientos de mayor dificultad, mejorando sus habilidades de resolución de problemas.

La intervención de la maestra juega un papel primordial a la hora de motivar e incentivar al alumnado en la búsqueda de soluciones de la secuencia de resolución de problemas planteada (Pöntinen y Rätty-Záborszky, 2020; Sullivan y Bers, 2018). El protocolo de actuación de la maestra durante el desarrollo de la propuesta de intervención está enfocado a que sean los propios alumnos los que descubran los errores cometidos. El *step* se considera como no resuelto tras tres intentos fallidos, o al emplearse más de cinco minutos en su resolución. Los escolares pasan por todos los *steps* de la propuesta de intervención, aunque no se resuelvan correctamente.

6. Registro y codificación

Para el registro y la codificación de los 84 paquetes de datos que conforman el muestreo observacional -12 participantes resolviendo los siete *steps* de la propuesta de intervención-, se ha recurrido al *software* LINCE, versión 1.2.1 (Gabin et al., 2012) (véase figura 1).

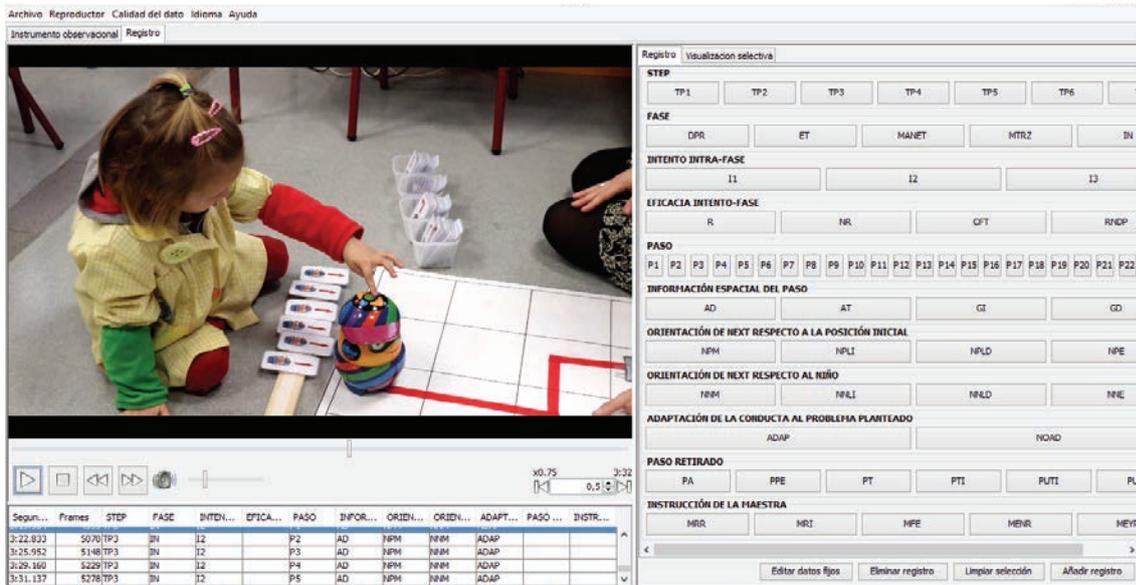


Figura 1. Captura de un momento del registro y codificación del paquete de datos correspondiente a la participante 5, step 3, en el software LINCE.

De acuerdo con Bakeman (1978) se han registrado datos concurrentes -tal y cómo se desprende del carácter multidimensional del diseño observacional, y de que el instrumento de observación sea una combinación de formato de campo y sistemas de categorías- y tiempo-base (tipo IV). Asimismo, de acuerdo con Bakeman y Quera (1995) el tipo de datos es de multievento.

7. Calidad del dato

La constancia inter-sesional ha quedado garantizada a partir de la satisfacción, en cada una de las sesiones de observación, de la siguiente lista de mínimos: misma aula, materiales, y franja horaria de intervención; los participantes utilizan manguitos de colores -verde para la mano derecha y roja para la mano izquierda- para facilitar su organización espacial (véase figura 1).

Fiabilidad de los datos

Para determinar la fiabilidad, en forma de concordancia inter-observadores, se ha recurrido al coeficiente Kappa de Cohen (1960), mediante el programa informático LINCE. Dos han sido los observadores que han realizado el registro y codificación de los datos. Uno

de ellos, el primer autor del presente trabajo que ha participado activamente en el desarrollo del sistema de observación. El segundo observador ha seguido un proceso de formación respetando las etapas propuestas por Anguera (2003). El primer observador registró la totalidad del muestreo observacional y el segundo un 16,66% del muestreo observacional -la participación en la propuesta de intervención de dos participantes elegidos al azar-. Los valores del coeficiente Kappa de Cohen, se exponen a continuación -del *step* 1 al 7 de cada participante-: participante 2 (1, 1, 0.99, 1, 0.91, 1 y 1); participante 12: (1, 1, 1, 1, 1, 1 y 0.90).

Generalizabilidad de los resultados

La calidad del dato también se ha abordado en el seno de la teoría de la Generalizabilidad (Cronbach et al., 1972), mediante el *software* SAGT (Hernández-Mendo et al., 2016). Se han dispuesto de forma “cruzada” las facetas Categorías, con 65 niveles -las categorías correspondientes a los criterios variables del instrumento de observación-; *Steps*, con siete niveles; y Participantes, con 12 niveles. En las tres facetas se realiza la estimación para una población infinita. Se ha realizado el plan de medida [Categoría][*Step*]/[Participantes] para evaluar la generalizabilidad de los resultados a partir del número de participantes que han desarrollado la propuesta de intervención (tabla 3).

Tabla 3. Resultados del análisis de generalizabilidad correspondientes al plan de medida [Step][Categoría]/[Participante]

Fuentes de variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrado medio	% varianza	Error estándar
[participante]	1096.67	10	109.667	0.161	0.101
[step]	24645.157	6	4107.526	7.228	2.873
[participante][step]	3320.06	60	55.334	1.054	0.153
[categorías]	149481.431	64	2335.647	35.721	5.292
[participante][categorías]	5443.122	640	8.505	0.413	0.071
[step][categorías]	142334.479	384	370.663	46.396	2.426
[participante][step][categorías]	24742.875	3840	6.443	9.029	0.147

El análisis de generalizabilidad muestra como la variabilidad queda asociada a la faceta Categorías (35.72%), y a la faceta de interacción *Step*-Categorías (46.39%). El análisis de los coeficientes de generalizabilidad determina que se consigue una fiabilidad de precisión de

generalización (absoluta y relativa) de 0.989. Este resultado permite avalar la homogeneidad de la conducta desplegada por los participantes que constituyen el muestreo observacional.

8. Análisis de los datos

En el presente trabajo se han aplicado complementariamente dos técnicas de análisis diacrónico de datos, habituales en estudios observacionales, y que comparten como base de su cálculo los residuos ajustados: el análisis secuencial de retardos y de coordenadas polares.

El análisis secuencial de retardos permite contrastar la fuerza de la asociación entre categorías en registros en los que tiene lugar un seguimiento intrasésional (Anguera et al., in press). El análisis secuencial de retardos se ha realizado mediante el *software* GSEQ5 (Bakeman y Quera, 1995) que puede descargarse gratuitamente de <https://www.mangold-international.com/en/products/software/gseq>. Este programa aplica una prueba binomial -corregida mediante la propuesta de cálculo de la Z hipergeométrica de Allison y Liker (1982)- que permite detectar las diferencias estadísticamente significativas existentes entre las probabilidades condicionadas -a partir de las frecuencias observadas- e incondicionadas -a partir de las frecuencias esperadas que indican el efecto del azar-, entre conductas *given* o criterio -la misma categoría que nos interesará como conducta focal en el análisis de coordenadas polares- y conductas *target* o condicionadas. Valores mayores que 1.96 ($p < 0.05$) representan una relación de activación entre la conducta *given* o criterio y la conducta *target* o condicionada, y, consecuentemente, las transiciones menores a -1.96 ($p < 0.05$) una relación de inhibición.

La técnica de análisis de coordenadas polares consigue reducir una importante cantidad de valores -los residuos ajustados correspondientes a la vertiente prospectiva y retrospectiva que la conducta focal tiene respecto a cada conducta condicionada- mediante el parámetro

$Z_{sum}=(\sum Z/\sqrt{n})$, introducido por Cochran (1954) y desarrollado por Sackett (1980). Deben contemplarse igual número de retardos prospectivos y retrospectivos; habitualmente de -5 a -1 y de +1 a +5. Una vez calculados los parámetros Z_{sum} prospectivos y retrospectivos correspondientes a cada díada formada por la conducta focal y cada conducta condicionada, se hallan:

a) La longitud del vector: es la distancia entre el origen de coordenadas Z_{sum} (0.0) y el punto de intersección (en abscisas, el valor Z_{sum} prospectivo; y en ordenadas, el valor Z_{sum} retrospectivo); por tanto, la diagonal que configura la longitud del vector se obtiene calculando: $\sqrt{Z_{sum} \text{ prospectivo}^2 + Z_{sum} \text{ retrospectivo}^2}$. Se consideran significativas ($p < 0,05$) longitudes superiores a 1.96.

b) El ángulo del vector: se corresponde con la función trigonométrica arco seno $\varphi = \frac{Z_{sum} \text{ retrospectivo}}{\text{longitud del vector}}$. En función del valor del arco seno φ , cada vector se incorpora en uno de los cuadrantes: cuadrante I ($0 < \varphi < 90$)= φ ; cuadrante II ($90 < \varphi < 180$)= $180 - \varphi$; cuadrante III ($180 < \varphi < 270$)= $180 + \varphi$; cuadrante IV ($270 < \varphi < 360$)= $360 - \varphi$.

Así, cada cuadrante refleja la activación/inhibición-prospectiva/retrospectiva entre la conducta focal y las conductas condicionadas (figura 2). El análisis de coordenadas polares se ve considerablemente facilitado por la implementación de un módulo específico en el *software* HOISAN (Hernández-Mendo et al., 2012), que puede descargarse de forma gratuita desde <https://www.menpas.com>.

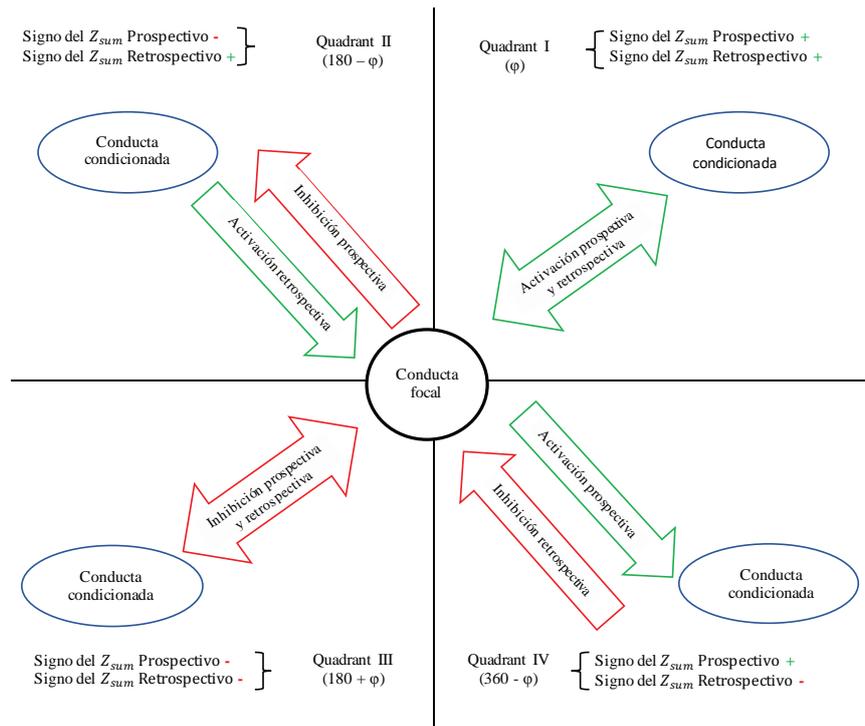


Figura 2: Representación gráfica de las relaciones de activación/inhibición-prospectiva/retrospectiva entre la conducta focal y conducta condicionada en función del cuadrante del mapa de coordenadas en el que se sitúa el vector.

9. Resultados

Dos han sido los análisis efectuados para satisfacer los objetivos del presente trabajo de investigación. Un análisis secuencial de retardos y un análisis de coordenadas polares (a partir de los resultados del análisis secuencial de retardos). El análisis secuencial de retardos se ha focalizado en el retardo 0, y el análisis de coordenadas polares condensa la información correspondiente a los retardos +1 a +5 y -1 a -5, pero no incorpora el análisis del retardo 0.

El análisis del retardo 0, entre conductas de diferentes dimensiones, refleja la relación de activación o inhibición entre conductas *given* y *targets* correspondientes a eventos intra-fila del registro. Resulta especialmente relevante, en lo relativo al retardo 0, determinar las relaciones de activación e inhibición entre: a) las conductas correspondientes a la dimensión “fase” e “intento intra-fase” (que actúan como conductas *given*), y las conductas

correspondientes a las dimensiones “eficacia intento/fase” y “paso retirado” (que actúan como conductas *target*) -véase tabla 4-; b) las conductas correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño” (conductas *given*), y las conductas constitutivas de la dimensión “adaptación de la conducta al problema planteado” (conductas *target*) -véase tabla 5-.

Tabla 4: Residuos ajustados estadísticamente significativos por *step* (TP) en el retardo 0 o co-ocurrencia, siendo las conductas *given* las categorías correspondientes a la dimensión “fase” e “intento intra-fase” (ver filas) y las conductas *target* las categorías de las dimensiones “eficacia intento/fase” y “paso retirado” (ver columnas).

	R	NR	CFT	PA	PPE	PT	PTI	PUTC
DPR	TP5(2.43) TP6(3.1) TP7(5.36)	TP7(-2.06)						
ET	TP6(-2.01)	TP2(3.09) TP3(3.18) TP5(3.28) TP6(4.09) TP7(3.07)		TP1(-2.42) TP3(2) TP6(2.24)		TP3(-2.5)	TP5(2.42)	
MANET		TP3(2.8) TP4(3.33) TP5(2.66) TP7(4)		TP4(3.25) TP5(2.42)	TP6(2.07)	TP4(-3.25) TP5(-2.22) TP7(-3.2)		
MTRZ IN	TP7(-2.5)	TP2(-2.85) TP3(-5.15) TP4(-3.74) TP5(-4.23) TP6(-2.58) TP7(-3.71)	TP1(2.09) TP2(3.31) TP3(5.17) TP4(4.1) TP5(4.95) TP6(4.3) TP7(6.45)	TP1(2.42)		TP2(2.58) TP3(3.62) TP4(3.25) TP5(3.03) TP6(2.58) TP7(3.69)		
I1	TP3(-3.34) TP6(2.41)	TP1(2.18)		TP2(2.15) TP3(2.28)		TP5(-2.38) TP7(-2.12)		TP5(2.55)
I2	TP3(2.09) TP6(-2.4) TP7(-2.05)		TP1(2.03)			TP7(2.12)		
I3	TP1(2.98) TP3(1.98) TP4(2.84)	TP1(-2.5)				TP5(2.1)		

Tabla 5. Residuos ajustados estadísticamente significativos por *step* (TP) en el retardo 0 o co-ocurrencia, siendo las conductas *given* las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”; y las conductas *target* las constitutivas de la dimensión “adaptación de la conducta al problema planteado”.

	Conducta adaptativa (ADAP)	Conducta no adaptativa (NOAD)
AD	TP1(2.42); TP2(4); TP3(2.74); TP4(2.78); TP5(2.03); TP6(2.94)	TP1(-2.42); TP2(-4); TP3(-2.74); TP4(-2.78); TP5(-2.03); TP6(-2.94)
AT	TP2(-2.63); TP3(-3.7); TP4(-2.54); TP5(-2.75); TP6(-2.87); TP7(-3.17)	TP2(2.63); TP3(3.7); TP4(2.54); TP5(2.75); TP6(2.87); TP7(3.17)
GI	TP2(-3.42); TP4(-2.83)	TP2(3.42); TP4(2.83)
GD	TP1(-2.91); TP6(-2.58)	TP1(2.91); TP6(2.58)
NPM	TP2(3.58); TP3(7.18); TP4(5.78); TP5(2.2)	TP2(-3.58); TP3(-7.18); TP4(-5.78); TP5(-2.2)
NPLI	TP2(-2.52); TP3(-4.11); TP4(-5.14)	TP2(2.52); TP3(4.11); TP4(5.14)
NPLD	TP2(-2.63); TP3(-5.48); TP4(-3.95); TP5(-3.63); TP6(-4.5)	TP2(2.63); TP3(5.48); TP4(3.95); TP5(3.63); TP6(4.5)
NPE	TP1(-2.78); TP2(-2.52); TP3(-3.85); TP5(-3.63); TP6(-5.52); TP7(-3.69)	TP1(2.78); TP2(2.52); TP3(3.85); TP5(3.63); TP6(5.52); TP7(3.69)
NNM	TP1(2.94); TP2(3.58); TP3(7.84); TP4(6.09); TP5(3.08)	TP1(-2.94); TP2(-3.58); TP3(-7.84); TP4(-6.09); TP5(-3.08)
NNLI	TP1(-4.59); TP2(-2.52); TP3(-4.75); TP4(-5.14)	TP1(4.59); TP2(2.52); TP3(4.75); TP4(5.14)
NNLD	TP2(-2.63); TP3(-5.48); TP4(-4.24); TP5(-2.25); TP6(-4.5)	TP2(2.63); TP3(5.48); TP4(4.24); TP5(2.25); TP6(4.5)
NNE	TP1(-4.14); TP2(-2.52); TP3(-3.85); TP5(-3.08); TP6(-5.52); TP7(-3.69)	TP1(4.14); TP2(2.52); TP3(3.85); TP5(3.08); TP6(5.52); TP7(3.69)

Los resultados correspondientes al análisis de coordenadas polares permiten condensar la información de los retardos retrospectivos y prospectivos en un único vector, con lo que se facilita la presentación e interpretación de los resultados diacrónicos obtenidos (Lapresa et al., 2020). Resulta relevante el análisis de las coordenadas polares cuyos vectores son significativos en los que: a) como conducta focal se fijan las categorías correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas condicionadas las correspondientes a la dimensión “intervención de la maestra” -véase tabla 6-; b) como conductas focales se señalan las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas condicionadas las correspondientes a la dimensión “paso retirado” -véase tabla 7-.

Tabla 6: Parámetros correspondientes a los vectores significativos del análisis de coordenadas polares, tomando como conductas focales las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas condicionadas las correspondientes a la dimensión “intervención de la maestra”.

<i>Step</i>	Diada focal- condicionada	Cuadrante	Z_{sum} prosp	Z_{sum} retro	Longitud	Ángulo	<i>Step</i>	Diada focal- condicionada	Cuadrante	Z_{sum} prosp	Z_{sum} retro	Longitud	Ángulo
1	AD-MRR	IV	1.95	-1.37	2.39	324.91	6	AD-MRR	IV	2.3	-0.48	2.35	348.13
1	AD-MENR	II	-1.95	1.37	2.39	144.91	6	AD-MENR	IV	0.57	-3.17	3.22	280.16
1	GI-MRR	II	-1.76	1.37	2.23	142.07	6	GI-MRR	II	-2.86	0.4	2.89	171.98
1	GI-MENR	IV	1.76	-1.37	2.23	322.07	6	GI-MENR	IV	2.86	-0.4	2.89	351.98
3	NNLI-MRR	IV	1.57	-3.13	3.51	296.6	7	AD-MRR	I	2.45	0.94	2.62	20.97
3	NNLI-MFE	II	-0.4	2.67	2.69	98.49	7	AD-MFE	II	-2.73	0	2.73	180
3	NNLI-MENR	II	-1.36	1.76	2.22	127.56	7	AD-MENR	III	-1.78	-1.47	2.31	219.51
3	NNM-MRR	II	-2.21	1.79	2.85	140.93	7	GD-MRR	II	-2.79	1.37	3.11	153.8
3	NNM-MENR	IV	1.9	-1.07	2.18	330.55	7	GD-MENR	I	4.35	0.26	4.35	3.41
3	NPLI-MRR	IV	1.57	-3.01	3.39	297.58	7	GI-MRR	III	-1.06	-2.91	3.1	250
3	NPLI-MFE	II	-0.4	2.44	2.47	99.26	7	GI-MFE	I	3.5	1.04	3.65	16.59
3	NPLI-MENR	II	-1.36	1.78	2.23	127.35	7	GI-MENR	II	-1.17	1.88	2.21	121.86
3	NPM-MRR	II	-2.21	1.81	2.86	140.65	7	NNE-MRR	IV	0.25	-2.88	2.89	274.97
3	NPM-MENR	IV	1.9	-1.17	2.23	328.35	7	NNE-MEYR	II	-0.5	2.55	2.6	101.02
4	GI-MFE	IV	3.53	-0.4	3.55	353.49	7	NNLI-MFE	IV	2.31	-0.15	2.31	356.23
4	NNLD-MFE	III	-1.34	-1.77	2.22	232.88	7	NNLI-MENR	II	-2.15	0.26	2.16	173.11
4	NNLD-MENR	I	0.89	2.03	2.22	66.38	7	NNM-MFE	III	-2.24	-0.14	2.24	183.54
4	NNLI-MFE	I	0	2.44	2.44	90	7	NNM-MENR	IV	2.5	-0.08	2.5	358.05
4	NPLD-MFE	III	-1.27	-2.11	2.46	239	7	NNM-MEYR	IV	2.15	-0.25	2.16	353.23
4	NPLD-MENR	I	0.47	1.97	2.03	76.61	7	NPE-MRR	IV	0.25	-2.88	2.89	274.97
4	NPLI-MFE	I	0	2.44	2.44	90	7	NPE-MEYR	II	-0.5	2.55	2.6	101.02
5	NNLI-MRR	IV	0.51	-2.29	2.34	282.45	7	NPLI-MFE	IV	2.31	-0.29	2.33	352.93
5	NNLI-MENR	II	-0.4	2.34	2.38	99.64	7	NPLI-MENR	II	-2.15	0.65	2.24	163.19
5	NNM-MENR	IV	0.4	-1.93	1.97	281.67	7	NPLI-MEYR	III	-1.76	-0.89	1.98	206.91

5	NPLI-MRR	IV	0.72	-3.02	3.1	283.42	7	NPM-MFE	III	-2.24	-0.03	2.24	180.8
5	NPLI-MENR	II	-0.57	3.48	3.53	99.27	7	NPM-MENR	IV	2.5	-0.5	2.54	348.75
5	NPM-MRR	II	-0.72	2.71	2.8	104.88	7	NPM-MEYR	IV	2.15	-0.19	2.16	354.88
5	NPM-MENR	IV	0.57	-3.17	3.22	280.16							

Tabla 7: Parámetros correspondientes a los vectores significativos del análisis de coordenadas polares, tomando como conductas focales las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas condicionadas las correspondientes a la dimensión “paso retirado”.

Step	Díada focal- condicionada	Cuadrante	Z _{sum} prosp	Z _{sum} retro	Longitud	Ángulo	Step	Díada focal- condicionada	Cuadrante	Z _{sum} prosp	Z _{sum} retro	Longitud	Ángulo
1	NNLD-PA	IV	2.67	-0.59	2.73	347.62	5	NPM-PA	IV	1.14	-3.01	3.22	290.85
1	NNLD-PPE	II	-1.44	1.64	2.18	131.34	5	NPM-PT	II	-0.68	3.67	3.73	100.56
1	NNM-PA	II	-2.05	0.12	2.06	176.63	6	AD-PA	I	2.46	1.07	2.69	23.54
2	GD-PA	II	-1.97	0.36	2.01	169.59	6	AD-PPE	II	-2.52	0.76	2.63	163.29
3	GD-PA	II	-2.69	1.45	3.06	151.6	6	GI-PA	III	-2.71	-0.69	2.8	194.26
3	GD-PT	IV	2.67	-2.1	3.4	321.79	6	GI-PPE	IV	2.9	-0.64	2.97	347.57
3	GI-PT	II	-2.17	0.17	2.17	175.58	6	NNLI-PA	II	-2.47	1.54	2.91	147.99
3	NNLI-PA	I	0.27	2.67	2.68	84.25	6	NNLI-PT	IV	2.8	-0.89	2.93	342.42
3	NNLI-PPE	II	-0.54	2.84	2.89	100.72	6	NNM-PA	IV	3.14	-1.89	3.66	328.99
3	NNLI-PT	IV	0.44	-4.69	4.71	275.34	6	NNM-PT	II	-3.56	1.38	3.81	158.82
3	NNLI-PTI	II	-0.78	1.96	2.11	111.78	6	NPLI-PA	II	-2.47	1.54	2.91	147.99
3	NNM-PA	IV	0.6	-2.4	2.47	284.06	6	NPLI-PT	IV	2.8	-0.89	2.93	342.42
3	NNM-PT	II	-1.42	3.69	3.95	111.13	6	NPM-PA	IV	3.14	-1.54	3.5	333.83
3	NPLI-PA	I	0.56	3.22	3.27	80.07	6	NPM-PT	II	-3.56	0.89	3.66	166.01
3	NPLI-PPE	II	-0.57	2.67	2.73	102.12	7	AT-PUTI	IV	2.38	-0.1	2.39	357.53
3	NPLI-PT	IV	0.18	-4.79	4.79	272.19	7	NNE-PPE	II	-0.52	4.12	4.16	97.17
3	NPM-PA	IV	0.36	-3.43	3.44	275.96	7	NNE-PT	IV	1.95	-2.13	2.89	312.55
3	NPM-PT	II	-1.3	4.49	4.68	106.1	7	NNLI-PA	I	2.29	1.26	2.61	28.76
4	NNLD-PA	I	0.86	4.38	4.46	78.9	7	NNLI-PT	III	-1.92	-2.9	3.48	236.53
4	NNLD-PT	III	-0.86	-4.38	4.46	258.9	7	NNLI-PUTC	I	0.75	3.23	3.31	76.98

4	NNM-PA	III	-0.68	-4.38	4.43	261.12	7	NNM-PA	III	-1.74	-1.52	2.31	221.24
4	NNM-PT	I	0.68	4.38	4.43	81.12	7	NNM-PPE	IV	1.51	-2.81	3.19	298.29
4	NPLD-PA	I	1.14	4.38	4.53	75.35	7	NNM-PT	II	-0.04	3.72	3.72	90.62
4	NPLD-PT	III	-1.14	-4.38	4.53	255.35	7	NNM-PUTC	IV	0.15	-2.46	2.46	273.44
4	NPM-PA	III	-0.97	-4.38	4.48	257.5	7	NPE-PPE	II	-0.52	4.12	4.16	97.17
4	NPM-PT	I	0.97	4.38	4.48	77.5	7	NPE-PT	IV	1.95	-2.13	2.89	312.55
5	GD-PUTC	II	-0.43	2.18	2.23	101.24	7	NPLI-PA	I	2.29	1.76	2.89	37.51
5	NNLI-PA	II	-0.99	3.01	3.16	108.2	7	NPLI-PT	III	-1.92	-3.13	3.67	238.46
5	NNLI-PT	IV	0.23	-3.04	3.05	274.38	7	NPLI-PUTC	I	0.75	3.15	3.24	76.66
5	NNM-PA	IV	1.14	-3.01	3.22	290.85	7	NPM-PA	III	-1.74	-2	2.65	229.03
5	NNM-PT	II	-0.68	3.04	3.11	102.7	7	NPM-PPE	IV	1.51	-2.75	3.13	298.83
5	NPLI-PA	II	-0.99	3.01	3.16	108.2	7	NPM-PT	II	-0.04	3.95	3.95	90.58
5	NPLI-PT	IV	0.23	-3.67	3.68	273.62	7	NPM-PUTC	IV	0.15	-2.39	2.4	273.53

10. Discusión

En el trabajo presentado se ha desarrollado una propuesta de intervención para la resolución de problemas mediante el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil a través del uso de un robot de suelo de direccionalidad programada. Los resultados obtenidos han permitido identificar la capacidad de pensamiento computacional de los escolares de 1º de Educación Infantil -3años-, en los diferentes problemas que conforman la propuesta de intervención diseñada. La homogeneidad de los datos que se desprende de los resultados del análisis de generalizabilidad realizado (Blanco-Villaseñor, 1993) permiten superar la limitación que supone el número de participantes y justifica el muestreo observacional efectuado.

El análisis secuencial de retardos en la co-ocurrencia de las conductas *given* correspondientes a las dimensiones “fase” e “intento intra-fase” y las conductas *target* correspondientes a las dimensiones “eficacia intento/fase” y “paso retirado” -véase tabla 4-, señala las dificultades con la que se encuentran los participantes en cada fase de la resolución de los problemas. La asociación con la conducta condicionada no resuelve (NR), refleja la dificultad que supone para Educación Infantil-3 años, las fases que conllevan un proceso de elección de tarjetas -“elección de tarjeta” (ET) y “movimiento asociado del robot a la elección de tarjetas” (MANET)- en todos los *steps* que deben ser resueltos mediante el robot (*steps* 2,3,4,5,6 y 7). La fase “introducción en el robot” (IN) muestra una asociación significativa con la conducta “concuerta con la fase de tarjetas pero no resuelve” (CFT), que pone de manifiesto la ausencia de dificultad a la hora de introducir los códigos de las tarjetas seleccionadas en el robot, superando sin problema el paso de la codificación a la programación del robot (Bers, 2018).

En la fase de “introducción en el robot” (IN), condicionada por la lógica interna del funcionamiento del robot, se produce una asociación con la conducta retirada de “todas las tarjetas” (PT), viéndose los escolares forzados, cuando se produce un error en la resolución, a borrar toda la secuencia de comandos introducidos en el robot. En la fase “motriz” (MTRZ), que sólo tiene lugar en el *step* 1, los participantes son capaces de descubrir el error al efectuar el recorrido motrizmente y retirar la tarjeta anterior cuando es errónea (PA). Sin embargo, en las fases que conllevan elección de tarjetas -“elección de tarjeta” (ET) y “movimiento asociado del robot a la elección de tarjetas” (MANET)- se ha detectado una relación de inhibición con la retirada de todas las tarjetas (PT). Pese a la dificultad que supone esta fase, los escolares son capaces de identificar los errores cometidos y retirar la tarjeta anterior errónea (PA) -fase ET de los *steps* 3 y 6; y fase MANET de los *steps* 4 y 5-, la tarjeta incorrecta de la secuencia (PTI) -fase ET del *step* 5-, o la retirada de tarjetas hasta el primer error (PPE) -fase MANET del *step* 6-. Estos resultados revelan la competencia de los escolares de Educación Infantil-3 años en la autocorrección de los fallos cometidos en la codificación del problema (Diago et al., 2018), gracias a la posibilidad que ofrece el robot de autoevaluación de la solución generada.

En lo relativo al número de intentos intra-fase -tabla 4- se ha detectado una asociación significativa a que: el *step* 6 se resuelva en el primer intento (I1); el *step* 3, en el segundo intento (I2); mientras que en los *steps* 1,3 y 4 la asociación es con la resolución al tercer intento (I3). Estos resultados reflejan cómo los escolares incorporan el aprendizaje adquirido a lo largo de los *steps* previos, lo que les permite superar retos de mayor dificultad, a medida que se resuelven los problemas anteriores (Sinclair, 2005). En los dos primeros *steps* en los que la resolución del problema se lleva a cabo con el robot -*steps* 2 y 3-, los escolares son capaces de descubrir los errores de su pensamiento

computacional en el primer intento (I1) sin necesidad de retirar todas las tarjetas y tener que empezar de nuevo, como sucede en *steps* de mayor complejidad -intento segundo del *step* 7 (I2) y tercero del *step* 5 (I3)-.

En la etapa de Educación Infantil se considera esencial facilitar la ejecución de actividades que posibiliten a los escolares la interacción con el espacio y les permita realizar una contextualización de los problemas, transformándolos en situaciones reales que provean de significatividad al aprendizaje (Belasko et al., 2019; Jiménez-Gestal et al., 2019). El análisis secuencial de retardos en la co-ocurrencia de las conductas *given* correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño” y las conductas *target* constitutivas de la dimensión “adaptación de la conducta al problema planteado” -véase tabla 5- muestra las dificultades que conlleva, para el pensamiento computacional del niño de 3 años, su incipiente capacidad de organización espacial (Denis, 2017). Los resultados obtenidos reflejan que la información espacial “adelante” (AD) no entraña mayor dificultad -asociación con respuesta adaptativa (ADAP) e inhibición respuesta no adaptativa en los *steps* 1 al 6-. Sin embargo, el desplazamiento “atrás” (AT) -asociación con respuesta no adaptativa (NOAD) e inhibición con respuesta adaptativa en los *steps* 2 al 6-, afecta seriamente la competencia en el pensamiento computacional de los participantes. La información espacial correspondiente a los giros también implica dificultades: el giro a la derecha (GD) -en los *steps* 1 y 6- y el giro a la izquierda (GI) -en los *steps* 2 y 4-, presentan asociación con una respuesta no adaptativa (NOAD) e inhibición con adaptativa (ADAP). Cuando el robot se encuentra en la misma orientación que la del niño (NNM) o en la posición inicial de salida (NPM) el niño no encuentra dificultades para dar una respuesta adaptativa al problema (ADAP). Sin embargo, la información espacial del paso atrás (AT), la orientación del robot respecto al

niño lateral izquierda (NNLI), lateral derecha (NNLD) o en espejo (NNE), así como la posición del robot respecto a su posición de inicio lateral izquierda (NPLI), lateral derecha (NPLD) o en espejo (NPE) activan una respuesta no adaptativa (NOAD). Estos resultados reflejan las dificultades de organización espacial del alumnado de Educación Infantil-3 años, en la resolución de un problema que implique descentramiento al tener que utilizar diversas referencias espaciales al mismo tiempo (Denis, 2017).

Resulta especialmente relevante el papel de la maestra para generar ayudas al alumnado en la resolución de problemas (Giaconi et al., 2018; Pifarré y Sanuy, 2002), así como para incentivar y provocar desafíos que alienten su aprendizaje (Pöntinen y Rätty-Záborszky, 2020). Los resultados de los análisis de coordenadas polares -tabla 6-, muestran vectores significativos en los *steps* 1,3,4,5,6 y 7. Cuando la información espacial del paso es “adelante” (AD) la maestra interviene -en los *steps* 1, 6 y 7- promoviendo el razonamiento (MRR). Sin embargo, cuando la información espacial del paso es giro a la izquierda (GI), la maestra manifiesta el error cometido sin dar la respuesta (MENR) -en los *steps* 1 y 6- o fija la atención del niño en el error cometido (MFE) por medio de preguntas -en el *step* 7-. Cuando el paso se corresponde con una misma orientación del robot respecto al niño (NNM) o igual a la posición inicial (NPM), se ha detectado -en los *steps* 3,5 y 7- una activación prospectiva a que la maestra manifieste el error cometido, pero no dé la respuesta (MENR). En el *step* 7 se ha detectado la activación prospectiva a que la maestra haga manifiesto el error y dé la respuesta correcta del paso al alumno (MEYR), lo que revela la dificultad de dicho *step* para los alumnos de Educación Infantil-3 años. Cuando la orientación del robot es lateral izquierda respecto al niño (NNLI) o respecto a su posición inicial (NPLI), en los *steps* 4 y 7 se produce una activación prospectiva a que la maestra manifieste explícitamente el error cometido pero no dé la respuesta (MFE). El alumnado de Educación Infantil-3 años precisa de la

intervención de la maestra para descubrir los errores cometidos en la secuenciación de los pasos de la solución problema y en la programación.

El análisis de coordenadas polares -tomando como conductas focales las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas condicionadas las correspondientes a la dimensión “paso retirado” (véase tabla 7)- refleja cómo el uso de este tipo de robots permite a los escolares realizar una propuesta de programación por bloques y una evaluación del plan diseñado (Diago et al., 2018). En el *step* 1, la ejecución de la fase motriz permite a los participantes detectar el error cometido en la fase de elección de tarjetas y retirar la tarjeta anterior errónea (PA). Los *steps* que incorporan más de un giro en su resolución -*steps* 3,4,5,6 y 7- resultan más complicados para los alumnos de Educación Infantil-3 años, en función de su capacidad de descentramiento (Denis, 2017), y activan la retirada de todas las tarjetas (PT) cuando la orientación del robot respecto al niño (NNLI) o respecto a su posición inicial es lateral izquierda (NPLI) -*steps* 3, 5 y 6-; cuando la orientación del robot es la misma respecto a la posición inicial (NPM) o la misma respecto a la posición del niño (NNM)-en el *step* 4-; o cuando el robot se encuentra en espejo respecto a la posición del niño (NNE) o a su posición inicial (NPE) -en el *step* 7-. Cuando el robot se encuentra orientado en la misma posición que el niño (NNM) o en la misma orientación respecto a su posición inicial (NPM), el niño es capaz de detectar el error o errores cometidos en la secuencia y retirar la tarjeta anterior (PA) -*steps* 3, 5 y 6-, o las tarjetas hasta el primer error (PPE) -*step* 7-. Los resultados señalan de nuevo la dificultad manifiesta que supone el último *step* de la propuesta diseñada para los niños de Educación Infantil-3 años; los participantes lejos de detectar los errores concretos cometidos, muestran una activación prospectiva a retirar tarjetas correctas de la secuencia (PUTC) cuando la orientación del robot es la misma que

la del niño (NNM) o que su posición inicial (NPM), o cuando la orientación del robot es lateral izquierda (NNLI, NPLI).

En el presente trabajo se ha expuesto muestra una propuesta de intervención para el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil, mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada. En el seno de la metodología observacional se ha conseguido caracterizar el pensamiento computacional, en niños de primer curso de Educación Infantil-3 años, durante la resolución de cada uno de los problemas de dificultad creciente que constituyen la propuesta de intervención diseñada. El desarrollo de la capacidad de organización espacial de los escolares ha resultado una cuestión clave en la resolución de problemas matemáticos por medio del pensamiento computacional. La intervención de la maestra ha resultado fundamental para guiar al alumnado de Educación Infantil-3 años en el desarrollo de la propuesta de intervención (English y Watters, 2005; Lehrer et al., 2002). El movimiento efectuado por el robot a partir de la programación efectuada, ha permitido que el alumno realice una auto-evaluación del plan diseñado (Bers, 2008; Diago et al., 2018).

El trabajo realizado arroja luz sobre el desarrollo del pensamiento computacional en el alumnado de Educación Infantil-3años a partir de una propuesta de intervención que permite a los escolares expresarse por medio de un lenguaje de programación (Sullivan y Bers, 2016). Las actividades presentadas son lúdicas, se han llevado a la práctica en un ambiente natural (Resnick et al., 1998) y resultan apropiadas para los escolares de Educación Infantil. Resultará muy interesante en futuros trabajos comprobar la evolución del pensamiento computacional del niño a lo largo de su progreso por los cursos superiores de Educación Infantil.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del subproyecto Integration ways between qualitative and quantitative data, multiple case development, and synthesis review as main axis for an innovative future in physical activity and sports research [PGC2018-098742-B-C31] (2019-2021) (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades / Agencia Estatal de Investigación / Fondo Europeo de Desarrollo Regional), que forma parte del proyecto coordinado New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0]. Asimismo, los autores agradecen el apoyo del grupo de investigación de la Generalitat de Catalunya, Grup de recerca i innovació en dissenys (GRID), Tecnología i aplicació multimedia i digital als dissenys observacionals [2017 SGR 1405]. Este estudio ha recibido también ayuda de fondos de investigación de la Universidad de La Rioja.

Referencias

- Aho, A.V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
- Allison, P.D. y Liker, J.K. (1982). Analyzing sequential categorical data on dyadic interaction: A comment on Gottman. *Psychological Bulletin*, 93, 393-403. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.91.2.393>
- Anguera, M.T. (1979). Observational Typology. *Quality & Quantity. European-American Journal of Methodology*, 13(6), 449-484. <https://doi.org/10.1007/BF00222999>

- Anguera, M.T. (2003). La observación. En C. Moreno Rosset (Ed.), *Evaluación psicológica. Concepto, proceso y aplicación en las áreas del desarrollo y de la inteligencia* (pp. 271-308). Sanz y Torres.
- 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*, 9:13. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00013>
- Anguera, M.T., Portell, P., Hernández-Mendo, A., Sánchez-Algarra, P., y Jonsson, G. K. (in press). Diachronic analysis of qualitative data. En A.J. Onwuegbuzie y B. Johnson (Eds.), *Reviewer's Guide for Mixed Methods Research Analysis*. Routledge.
- Avello, R., Lavonen, J., y Zapata-Ros, M. (2020). Codificación y robótica educativa y su relación con el pensamiento computacional y creativo. Una revisión comprensiva. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.413021>
- Bakeman, R. (1978). Untangling streams of behavior: sequential analysis of observation data. En G.P. Sackett (Ed.) *Observing Behaviour, Vol. II: Data Collection and Analysis Methods* (pp. 63-78). University Park Press.
- Bakeman, R. y Quera, V. (1995). *Analyzing interaction: Sequential analysis with SDIS and GSEQ*. Cambridge University Press.
- Blanco-Villaseñor, A. (1993) Fiabilidad, precisión, validez y generalización de los diseños observacionales. En M.T. Anguera (Ed.) *Metodología observacional en la investigación psicológica* (pp. 149-261). P.P.U., Vol. II.

- Barron, B., Cayton-Hodges, G., Bofferding, L., Copple, C., Darling-Hammond, L., y Levine, M. (2011). *Take a Giant Step: A Blueprint for Teaching Children in a Digital Age*. The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.
- Belasko, M., Herrán, E. y Anguera, M.T. (2019). Dressing toddlers at the Emmi Pikler nursery school in Budapest: caregiver instrumental behavioral pattern. *European Early Childhood Education Research Journal*, 27(6), 972-887. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2019.1678928>
- Bers, M. (2008). *Blocks, robots and computers: Learning about technology in early childhood*. Teacher's College Press.
- Bers, M. (2018). *Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom*. Routledge.
- Bers, M., 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Bers, M., González, C., y Armas, U. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>
- Bers, M. U., Seddighin, S., y Sullivan, A. (2013). Ready for robotics: Bringing together the T and E of STEM in early childhood teacher education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 21(3), 355-377.
- Brosterman, N. (1997). *Inventing kindergarten*. Henry N. Abrams.
- Cejka, E., Rogers, C., y Portsmore, M. (2006). Kindergarten robotics: Using robotics to motivate math, science, and engineering literacy in elementary school. *International Journal of Engineering Education*, 22(4), 711-722.

- Clements, D.H. y Sarama, J. (1997). Research on Logo: A decade of progress, 14(1-2), 9-46. https://doi.org/10.1300/J025v14n01_02
- Cochran W.G. (1954). Some methods for strengthening the common χ^2 test. *Biometrics*, 10, 417-451. <https://doi.org/10.2307/3001616>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Cronbach, L.J., Gleser, G.C., Nanda, H., y Rajaratnam, N. (1972). *The dependability of behavioral measurements: theory of generalizability for scores and profiles*. Wiley.
- Denis, M. (2017). *Space and spatial cognition: A multidisciplinary perspective*. Routledge.
- 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 Watters, J.J. (2005). Mathematical modelling in the early school years. *Mathematics Education Research Journal*, 16(3), 58-79. <https://doi.org/10.1007/bf03217401>
- Fessakis, G., Gouli, E., y Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5-6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers and Education*, 63, 87-97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.016>
- Gabin, B., Camerino, O., Anguera, M.T., y Castañer, M. (2012). Lince: Multiplatform sport analysis software. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>

- Giaconi, V., Perdomo-Díaz, J., Cerda, G., y Saadati, F. (2018). Prácticas docentes, autoeficacia y valor en relación con la resolución de problemas de matemáticas: diseño y validación de un cuestionario. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(3), 99-120. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2351>
- Hernández-Mendo, A., Blanco-Villaseñor, A., Pastrana, J.L., Morales-Sánchez, V. y Ramos-Pérez, F.J. (2016). SAGT: aplicación informática para análisis de generalizabilidad. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 77-89.
- Hernández-Mendo, A., López, J.A., Castellano, J., Morales-Sánchez, V., y Pastrana, J.L. (2012). Hoisan 1.2: Programa informático para uso en metodología observacional. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 12(1), 55-78.
- Jiménez-Gestal, C., Berciano, A., y Salgado, 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>
- Kazakoff, E.R. y Bers, M.U. (2011). *The impact of computer programming on sequencing ability in early childhood*. En American Educational Research Association Conference (AERA), Louisiana: New Orleans.
- Kazakoff, E.R., Sullivan, A., y Bers, M. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245-255. <https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>.
- Lapresa, D., Gutiérrez, I., Pérez-de-Albéniz, A., Merino, P., y Anguera, M.T. (2020). Interacción profesor-alumno-tarea en un programa de desarrollo de capacidades motrices en un adolescente con TEA: un estudio de observación sistemática.

- Journal for the Study of Education and Development. Infancia y Aprendizaje*, 1-33. Online first, <https://doi.org/10.1080/02103702.2020.1802148>
- Lee, K., Sullivan, A., y Bers, M. U. (2013). Collaboration by design: Using robotics to foster social interaction in kindergarten. *Computers in the Schools*, 30(3), 271-281. <https://doi.org/10.1080/07380569.2013.805676>
- Lehrer, R., Giles, N.D., y Schauble, L. (2002). Children's work with data. En R. Lehrer y L. Schauble (Eds). *Investigating real data in the classroom: Expanding children's understanding of math and science* (pp. 1-26). Teachers College Press.
- Manches, A. y Plowman, L. (2017). Computing education in children's early years: A call for debate. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 191-201. <https://doi.org/10.1111/bjet.12355>
- Mazas, B., Gil-Quílez, M.J., Martínez-Peña, B., Hervás, A., y Muñoz, A. (2018). Los niños de infantil piensan, actúan y hablan sobre el comportamiento del aire y del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 163-180. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2320>
- Pifarré, M. y Sanuy, J. (2002). La resolución de problemas entre iguales: incidencia de la mediación del ordenador en los procesos de interacción y en el aprendizaje. *Journal for the Study of Education and Development. Infancia y Aprendizaje*, 25(2), 209-225. <http://doi.org/10.1174/021037002317417831>
- Pöntinen, S. y Rätty-Záborszky, S. (2020). Pedagogical aspects to support students' evolving digital competence at school. *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(2), 182-196. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1735736>

- Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., y Silverman, B. (1998). Digital Manipulatives: New Toys to Think With. *Proceedings of CHI '98*. ACM Press.
- Rogers, C. y Portsmouth, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education: innovations and research*, 5(3).
- Sackett, G.P. (1980). Lag Sequential Analysis as a data reduction technique in social interaction research. En D.B. Sawin, R.C. Hawkins, L.O. Walker y J.H. Penticuff (Eds.), *Exceptional infant. Psychosocial risks in infant-environment transactions* (pp. 300–340). Brunner/Mazel.
- Sinclair, A. (2005). Las matemáticas y la imitación entre el año y los tres años de edad. *Journal for the Study of Education and Development. Infancia y Aprendizaje*, 28(4), 377-392. <http://doi.org/10.1174/021037005774518983>
- Strawhacker, A. y Bers, M. (2015). “I want my robot to look for food”: Comparing Kindergartner’s programming comprehension using tangible, graphic, and hybrid user interfaces. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(3), 293-319. <http://doi.org/10.1007/s10798-014-9287-7>
- Sullivan, A. y Bers, M. (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. <http://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D., y Anguera, M.T. (2021). Education intervention using a ground robot with programmed directional controls: observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education [Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del

- pensamiento computacional en Educación Infantil]. *Revista de Psicodidáctica*, online first, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2021.03.001>
- Wing, J.M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <http://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>
- Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 46(4), 1-47. <https://doi.org/10.6018/red/46/4>

5.5. Estudio 5: Resultados obtenidos en 3° de Educación Infantil

Observational analysis of the development of computational thinking in Early Childhood Education (5 years old) through an intervention proposal with a ground robot of programmed directionality

Abstract

This article presents an intervention proposal that seeks to develop computational thinking in Early Childhood Education, using an educational ground robot with programmed directionality controls. Within the observational methodology, it has been possible to characterize computational thinking in children of Early Childhood Education -5 years old-, during the resolution of each of the problems of increasing difficulty that constitute the intervention proposal. The data was recorded and coded using the LINCE software. The reliability of the data, calculated in the form of inter-observer agreement using Cohen's Kappa coefficient, has been guaranteed. The analysis of generalizability carried out allows to guarantee the homogeneity in the behavior of the participants. Two techniques of diachronic analysis of observational data have been applied in a complementary way: the lag sequential analysis, with the free software GSEQ, and the analysis of polar coordinates, with the free software HOISAN. Skills associated with computational thinking such as the logical organization of the steps to follow, the physical-concrete abstraction and generalization of the trajectories, and the self-evaluation of the proposals, have been conditioned by the development of the capacity for spatial organization of the 5 years old child and by the intervention of the teacher.

Keywords: computational thinking, educational robotics, early childhood education, observational methodology, diachronic analysis of behavior.

1. Introduction

The concept of computational thinking introduced by Wing (2006) includes problem solving, system design, and understanding of human behavior, making use of the fundamental concepts of Computer Science. Later, Wing (2008) adds a clarification to this conceptualization indicating that the thought procedures involved in problem solving must be able to be represented in such a way that they can be addressed by information processing tools. Aho (2012) simplifies Wing's definition, indicating that the solutions offered to computational thinking problems must be able to be represented by a sequence of steps and algorithms. Problem solving through computational thinking involves a series of processes that should be noted: the decomposition of the problem into simpler parts that facilitate its understanding; the recognition of patterns that allow to discover the existing similarities between different problems and to use the same resolutions; the identification of fundamental attributes for the resolution and discard of irrelevant ones; the description of an algorithmic logic procedure that guides the resolution (Wing, 2006).

The creation of technological environments for the development of computational thinking in the educational field is becoming a priority for education (Barron et al., 2011; Bers et al., 2014; Bers et al., 2019; Manches y Plowman, 2017), making robotics an exceptional tool to achieve this (Bers et al., 2019). These technological environments allow children to handle real situations of their daily lives (Clements y Sarama, 1997; Fessakis et al., 2013; Jiménez-Gestal et al., 2019; Skoumpourdi, 2010) based on the development of a succession of phases like mathematical reasoning and problem solving skills, through the use of analysis strategies, logical reasoning and algorithm planning (Wing, 2006).

Despite the lack of a consensus on how to include computational thinking in the Early Childhood Education (ECE) school curriculum, the use of educational robots has more presence over time in schools, which allow block programming as a means of promoting the development of skills related to problem solving (Benton et al., 2017; Diago et al., 2018; Sullivan y Bers, 2016; Sullivan et al., 2017).

The students of ECE have sufficient capacity to carry out elementary robotics projects that allow them to start in elementary structures of sequential programming in technological environments (Bers et al., 2002; Cejka et al., 2006; Kazakoff et al., 2013; Pöntinen y Rätty-Záborszky, 2020) which, in turn, permits them to progress in the acquisition of computational thinking skills (Bers, 2008). Schoolchildren of these ages demonstrate the ability to analyze the behavior of the robot and use the representation structures to program and predict its operation (Mioduser y Kuperman, 2020). The teaching-learning process of robotics and programming in ECE is favored by its easy integration into the classroom (Kewalramani et al., 2020; Pérez y Diago, 2018) and by constituting a motivating and satisfactory practice for pre-primary education students (Bers et al., 2008; Bers et al., 2019). Teachers become mediators in the use of technological tools by supporting students in overcoming difficulties and in finding solutions to problem situations (Espinosa et al., 2006; Pöntinen y Rätty-Záborszky, 2020; Wang et al., 2020).

The ground robots with programmed directionality become a generation of *Tangible User Interfaces* (Strawhacker y Bers, 2015) that enable students, in addition to the incipient development of computational thinking, new learning opportunities, the development of creativity, skills related to fine motor skills and eye-hand coordination, while helping to promote social interactions and teamwork (Bers, 2008; Kazakoff et al., 2013; Lee et al., 2013).

The use of programmed directionality robots -whose movement is programmed from physical direction commands that can be manipulated by schoolchildren- allows the creation of educational sequences that address problem solving from the technological environment, requiring students to reflect on the steps taken in solving problems. In the resolution process, schoolchildren establish a programming sequence for the robot, using a visual block coding language, which offers the possibility of carrying out a self-evaluation of the proposal based on the path made by the robot (Diago et al., 2018).

This article presents an intervention proposal of seven steps of increasing difficulty that seeks to develop computational thinking, using a ground robot with programmed directionality controls, in ECE. The objective of this work is to characterize computational thinking, in children of ECE-5 years old, during the resolution of each of the problems of increasing difficulty that constitute the intervention proposal.

2. Method

The present work has been developed through the use of observational methodology, for being the ideal one for the study of spontaneous behavior -and thus it can be considered for these participants- in habitual contexts (Anguera, 1979). It is a scientific procedure that allows combining rigor and flexibility, and its expansion in recent decades is justified by its adaptive profile. In addition, at a time of expansion of scientific literature on mixed methods, the observational methodology is considered mixed method in itself (Anguera et al., 2017), obtaining an important benefit by integrating qualitative and quantitative elements throughout the process. According to Portell et al. (2015), the observational design is: nomothetic -ECE students who act individually and not as a group-class-; inter and intra session following -the behaviors

under study are recorded *frame by frame* during the performance of each step in different sessions-; and multidimensional -the different dimensions that have been incorporated into the observation instrument-. Observation is participatory, since the first author of the work interacts with the participants and is subsequently in charge of recording the entire observational sampling.

2.1. Participants

The participants were 24 students from an ECE-5 years old class from a Spanish Center for Early Childhood and Primary Education (CEIP) interested in the establishment of the computational development project. In the first place, a selection test was developed consisting of five basic tasks, the correct resolution of which would ensure that the participants had sufficient spatial organization and problem-solving capacity to face the entire intervention proposal (the seven steps). The age of the 11 participants selected for the study who passed the selection test and made the intervention proposal corresponds to a mean of 5.62 and a standard deviation of 0.29. This project has the authorization of the Educational Center, the informed consents of parents or legal guardians, complies with current regulations for the protection of personal data and, therefore, has the approval of the Research Ethics Committee of the University of La Rioja (file no. CE-08-2020).

2.2. Observation instrument

The observation instrument has been developed *ad hoc*, being a combination of a field format and systems of categories (table 1). In each of the instrument's criteria, category systems that meet the conditions of completeness and mutual exclusivity have been approved (Anguera et al., 2007).

Table 1. Summary structure of the observation instrument: criteria, categories and codes

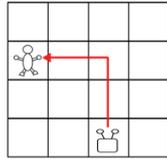
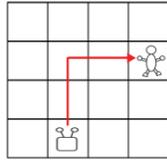
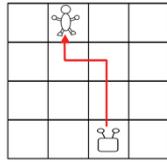
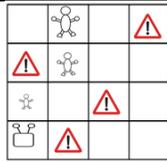
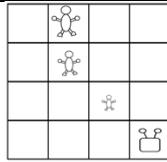
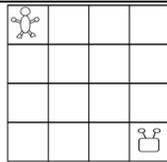
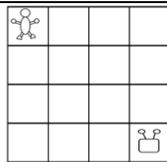
Criteria	Category systems and codes
Step	Step 1(TP1)...step 7(TP7)
Phase	Determination of the previous route(DPR); card choice(CC); movement associated with the robot to the choice of cards(MARC); motor movement(MM); insert the code into the robot(IR)
Intra-phase attempt	First attempt(A1); second attempt(A2); third attempt(A3)
Attempt/phase efficacy	Solves(S); does not solve(NS); matches the card phase but does not solve(MCP); solves but does not match with the previous determination of the route(SNPP)
Displacement	First displacement(D1)...twenty-fourth displacement(D24)
Spatial information of the displacement	Forward(FO); backwards(BA); left turn(LT); right turn(RT)
Orientation of the robot compared to its initial position	Same orientation(RIPS), left lateral(RIPL), right lateral(RIPR), mirrored(RIPM)
Orientation of the robot compared to the child	Same orientation(RCS), left lateral(RCL), right lateral(RCR), mirrored(RCM)
Adaptation of behavior to the problem posed	Adaptive(ADAP); non-adaptive(NOAD)
Withdrawn card	Previous card(PC); up to the first error(FEC); all(AC); the card that is incorrect in the sequence(ISC); one incorrect sequence card(OISC); one correct sequence card(OCSC)
Teacher instruction	The teacher redirects/promotes reasoning(TRR); the teacher redirects/places the student for inaction(TRI); the teacher fixes the error with a question(TFE); the teacher explicitly states the mistake made, but does not give an answer(TENA); the teacher explicitly states the mistake made and gives an answer(TEGA)

2.3. Procedure

In order to select the research participants, from among all the students of ECE-5 years old of the CEIP that host the project, an initial phase focused on solving five tasks of increasing difficulty was carried out: problem of travel in a straight line; short run with a turn; long run with a turn; long course with two turns; long path with two turns, including movements of opposite spatial orientation of the robot in relation to the student. Of the total of the 24 students who completed this phase, 11 participants correctly solved the five tasks and agreed to the intervention proposal. The intervention proposal is made

up of the seven problems, designed as steps of increasing difficulty, which are shown in table 2.

Table 2. Structure of the sequence of problems that constitute the intervention proposal.

Step	Problem	Graphical representation
1	Path to be carried out in a motor way (without the robot), carrying out the steps in the same way as the robot, to reach the protagonist of the symbolic game.	
2	The robot must travel the indicated path to reach the protagonist.	
3	Problem that includes two turns to get to the protagonist.	
4	No marked path is presented. There are some conditions that you must meet on your journey: pick up the small, medium and large protagonists in order. Passing through spaces where there is a danger sign is prohibited.	
5	No marked path is presented. There are some conditions that you must meet on your journey: pick up the small, medium and large protagonists in order.	
6	Problem in which the robot has to travel the shortest path to reach the protagonist.	
7	Problem in which the robot has to travel the longest path to reach the protagonist.	

The action protocol of the researcher, during the development of the intervention proposal, is designed so that the students themselves discover their errors. A problem is considered unsolved if there are three unsuccessful attempts or it takes students more than five minutes to solve it. In that case, you proceed to the next problem in the problem solving sequence.

2.4. Recording and coding

For the recording and coding of the 77 data packages that make up the observational sample of this work -11 participants solving the seven steps of the intervention proposal-, the software LINCE, version 1.2.1 (Gabín et al., 2012)(figure 1).

According to Bakeman (1978) Type IV data (concurrent and time-base) have been recorded. As defined in the subsequent classification of observational data by Bakeman and Quera (1995), the data type is multi-event.

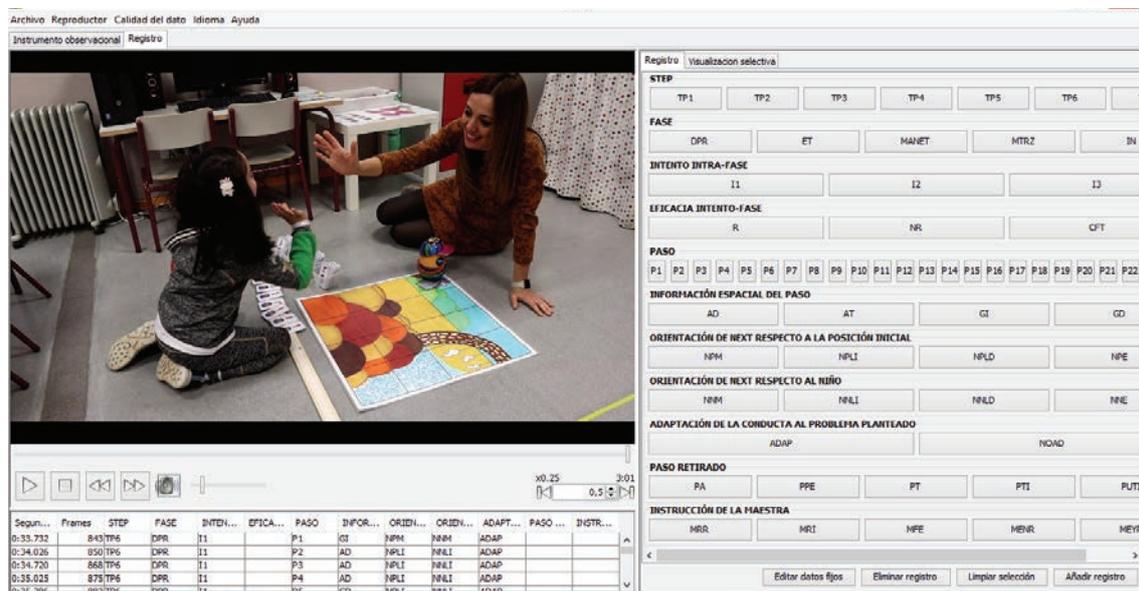


Figure 1. Capture of a moment of the recording and coding of the data packet (participant 7, step 6).

2.5. Data quality

The intersessional consistency has been guaranteed from the satisfaction of the following list of minimums that has taken into account the characteristics inherent to the age of the participants (Anguera, 2003): same classroom; time slot between 10:00h and 12:00h; red wristband for the left hand and green wristband for the right hand -to facilitate the spatial orientation of the child throughout the realization of the proposal-.

Data reliability

To determine inter-observer concordance, Cohen's Kappa coefficient (1960), calculated through the LINCE software, has been used. The first author of this work has

completed the entire recording, while a second observer -having completed a training process from Anguera (2003)- has recorded 18% of the data packets -the seven steps of two randomly selected participants-. Cohen Kappa coefficient values that provide information on the overall match between data packets are as follows: participant I5-3 (1.0, 1.0, 1.0, 0.99, 0.98, 0.99, 0.98); participant I5-13 (1.0, 0.98, 1.0, 0.99, 0.98, 0.98, 0.90). A consideration of the *almost perfect* agreement, based on the classic Landis and Koch (1977, p. 165) reference values has been obtained in all data blocks used for reliability determination.

Generalizability of the results

The quality of the data has also been proven from the point of view of the theory of generalizability (Cronbach et al., 1972), with the computer support provided by the SAGT software (Hernández-Mendo et al., 2016). The measurement plan has been carried out: [Category][Step]/[Participants], to assess the generalization of results based on the number of participants who have developed the intervention proposal (table 3). Facets have been arranged in a "cross" way and the estimate has been made for an infinite population.

Table 3. Results for the measurement plan: [Step][Category]/[Participant]

Sources of variation	Sum of squares	DF	Mean square	%variance
[participants]	3207.36	11	291.57	0.51
[steps]	7315.02	6	1219.17	1.22
[participants][steps]	3240.14	66	49.09	0.66
[categories]	96876.61	64	1513.69	15.28
[participantss][categories]	10858.72	704	15.42	1.35
[steps][categories]	84676.68	384	220.51	17.88
[participants][steps][categories]	25039.85	4224	5.92	5.92

The analysis reveals that variability is associated with the interaction facet [step][categories] with 41.73%, followed by the [categories] facet with 35.65%. The analysis of the generalization coefficients in this design structure determines that the

reliability of the generalization accuracy is of 0.98 (same value of the relative generalization coefficient and absolute is achieved). This result allows us to endorse the homogeneity in the conduct of the participants with which this research has been carried out.

2.6. Data analysis

Two observational data diachronic analysis techniques have been applied in addition to this work, based on the calculation of adjusted residuals: lag sequential analysis and polar coordinate analysis.

Lag sequential analysis allows to contrast the strength of the association between categories (Bakeman, 1978). Lag sequential analysis requires a record with a sequence record (intra-sessional following), and from the proposal of one or more criterion or given behaviors the conditional probabilities are calculated for a certain number of lags (which depend on the order of the recorded data, and take as a starting point the same category that will interest us as focal behavior in polar coordinate analysis) as well as unconditional probabilities (which depend on the frequency of occurrence of categories corresponding to conditioned behaviors, and indicate the effect of chance). Lag 0 analysis involves studying the intensity of co-occurrence between behaviors of different dimensions. A binomial test is applied to perform the contrast between these probabilities, Allison and Liker's hypergeometric Z calculation proposal (1982) is applied, and adjusted residuals are obtained, which are the results of the lag sequential analysis. This analysis is implemented in the GSEQ free software, version 5.1 (Bakeman y Quera, 1995, 2011). In the analysis of the adjusted residuals of the different lags, from Bakeman and Gottman (1986), values greater than 1.96 ($p < 0.05$) represent an activation relationship between the

given behavior and the conditional or target behavior; and transitions less than -1.96 ($p < 0.05$) a relationship of inhibition between criterion and conditional behavior.

Polar coordinate analysis (Sackett, 1980) is performed from the adjusted residuals obtained in lag sequential analysis. It allows you to summarize in the form of a vector, using parameter Z_{sum} , relative information on the activation/inhibition-prospective/retrospective that the focal behavior (criterion or *given* behavior of the lag sequential analysis) has compared to each matched behavior (conditional or *target* behaviors of the lag sequential analysis). Polar coordinate analysis provides for the same number of prospective and retrospective lags, at least five (in our study from -5 to -1, and from +1 to +5)(Aragón et al., 2017). Polar coordinate analysis is considerably facilitated by the implementation of a specific module in the free software HOISAN (Hernández-Mendo et al., 2012). This module performs the calculations taking into account the concept of genuine retrospectivity of Anguera (1997)-see graphic representation in Tarragó et al. (2017)-.

To get the $Z_{sum} = (\sum Z / \sqrt{n})$ values the standardized adjusted residuals corresponding to both prospective (represented on the abscise axis) and retrospective lags (represented on the ordinate axis) are required. Once the prospective and retrospective Z_{sum} parameters for each relationship between the focal and conditioned behaviors are calculated, the length and angle of the vector that allows the subsequent graphical representation of each polar coordinate is calculated.

The length of the vector corresponds to the distance between the origin of coordinates $Z_{sum}(0,0)$ and the point of intersection (in abscissa, the Z_{sum} value of the focal behavior; and in ordinates, the Z_{sum} value corresponding to the conditioned behavior); therefore, the diagonal that configures the length of the vector is obtained by calculating:

$\sqrt{Z_{sum\ prospective}^2 + Z_{sum\ retrospective}^2}$. Lengths greater than 1.96 are considered

significant ($p < 0.05$). The trigonometric function arcsine of φ , which is the angle of the vector ($\arcsin\varphi = Z_{sum} \text{retrospective} / \text{vector length}$), will place each vector in one or other quadrant, in which the respective conditioned category depending on the positive or negative value of the prospective and retrospective Z_{sum} : quadrant I ($0 < \varphi < 90$)= φ ; quadrant II ($90 < \varphi < 180$)= $180 - \varphi$; quadrant III ($180 < \varphi < 270$)= $180 + \varphi$; quadrant IV ($270 < \varphi < 360$)= $360 - \varphi$. Thus, each quadrant reflects the activation/inhibition-prospective/retrospective between the focal behavior and the conditioned behaviors, as reflected in table 4 and figure 2.

Table 4. Interpretation of the activation/inhibition-prospective/retrospective relationships between focal behavior and conditioned behavior as a function of the quadrant of the coordinate map in which the vector is located.

Quadrant	Prospective Z_{sum} sign	Retrospective Z_{sum} sign	Interpretation
I	+	+	Focal and conditioned behaviors activate each other
II	-	+	Focal behavior inhibits the conditioned one; and conditioned behavior activates the focal
III	-	-	Focal and conditioned behaviors inhibit each other.
IV	+	-	Focal behavior activates the conditioned one; and conditioned behavior inhibits the focal

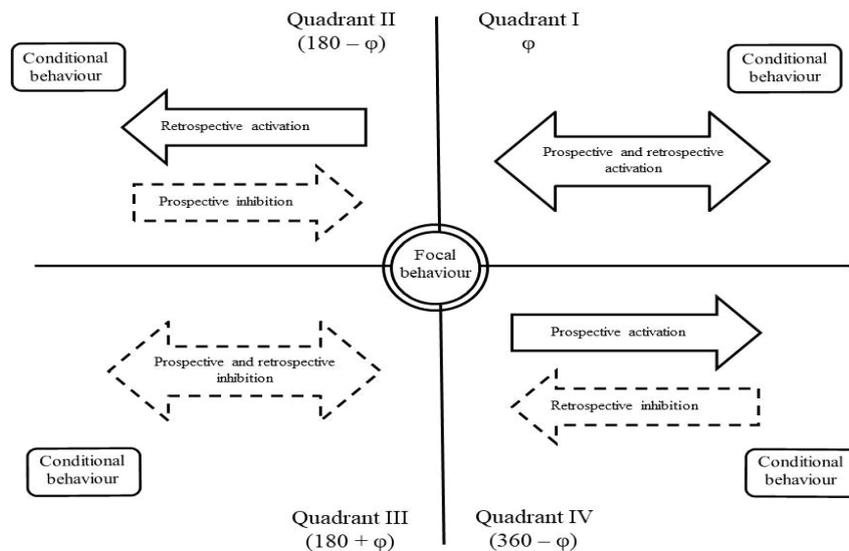


Figure 2: Graphic representation in which the activation/inhibition, prospective and retrospective relationships that are established between the focal and the conditioned behavior are shown according to their location in each of the quadrants of the polar coordinate map.

3. Results

Two analysis have been carried out to satisfy the objectives of this research work. Lag sequential analysis has focused on lag 0, and polar coordinate analysis condenses the information corresponding to lags +1 to +5 and -1 to -5, but does not incorporate lag 0 analysis.

The analysis of lag 0 or co-occurrence between behaviors of different dimensions, carried out by means of the lag sequential analysis, reflects the activation or inhibition relationship between given and target behaviors corresponding to intra-row events of the record. In order to satisfy the objectives of this work, it is especially relevant, in relation to lag 0, to determine the activation and inhibition relationships between: a) the behaviors corresponding to the dimension "phase" and "intra-phase intent" (which act as given behaviors), and the behaviors corresponding to the dimensions "effectiveness attempt/phase" and "step withdrawn" (which act as target behaviors)-table 5-; b) the behaviors corresponding to the dimensions "spatial information of the step", "orientation of the robot compared to its initial position" and "orientation of the robot compared to the child" (given behaviors), and the constitutive behaviors of the dimension "adaptation from the behavior to the problem raised" (target behaviors)-table 6-.

Table 5: Adjusted residuals in co-occurrence (in parentheses and after the corresponding step), being the given behaviors the categories corresponding to the dimension "phase" and "intra-phase attempt" (rows) and the target behaviors the categories of the dimensions "attempt/phase efficacy" and "withdrawn card" (columns). The names of the categories are remembered: Determination of the previous route (DPR), card choice (CC), movement associated with the robot to the selection of cards (MARC), motor movement (MM), insert the code into the robot (IR); Solve (S), do not solve (NS), match card phase but does not solve (MCP); Previous card (PC), until the first error (FEC), all (AC), the card that is incorrect in the sequence (ISC).

	S	NS	MCP	PC	FEC	AC	ISC
DPR	STEP5(2.85) STEP6(2.53) STEP(5.51)	STEP7(-3.28)					
CC	STEP7(-2.59)	STEP3(2.89) STEP4(4.24) STEP5(4.05) STEP6(3.26) STEP7(4.14)		STEP5(2.19)	STEP3(2.54) STEP4(2.18) STEP5(3.14) STEP7(2.47)	STEP1(-2.58) STEP2(-2.37) STEP3(-4.34) STEP4(-2.98) STEP5(-4.51) STEP6(-3) STEP7(-2.85)	STEP3(2.54)
MARC		STEP7(2.06)		STEP7(2.34)			STEP5(4.9)
DR						STEP1(2.58) STEP2(2.37) STEP3(4.34) STEP4(3.53) STEP5(4.9) STEP6(3) STEP7(3.24)	
IR	STEP7(-2.3)	STEP3(-2.89) STEP4(-3.31) STEP5(-2.54) STEP7(-2.1)	STEP3(3.61) STEP4(3.48) STEP5(2.23) STEP6(3.09) STEP7(5.25)				
STEP	STEP1(-2.57) STEP3(-3.26) STEP4(-2.47)	STEP1(2.2)	STEP3(2.17)	STEP7(2.88)		STEP7(-2.47)	STEP5(2.28)
A2	STEP1(2.57)	STEP1(-2.2)					
A3	STEP3(3.99)	STEP3(-2.54)					

Table 6. Adjusted residuals in co-occurrence (in parentheses and after the corresponding step), being the given behaviors those corresponding to the dimensions "spatial information of the displacement", "orientation of the robot compared to its initial position" and "orientation of the robot compared to the child"; and the target behaviors those constituting the dimension "adaptation of the behavior to the problem posed". Category names are remembered: Spatial information of the displacement, backwards (BA); Same orientation of the robot compared to the initial position (RIPS), orientation of the robot compared the initial position is left lateral (RIPL), orientation of the robot compared to the initial position right lateral (RIPR), orientation of the robot compared to the initial position is mirrored (RIPM); Same orientation of the robot compared to the child (RCS), orientation of the robot compared to the child is left lateral (RCL), orientation of the robot compared to the child is right lateral (RCR), orientation of the robot compared to the child is mirrored (RCM).

<i>Given behaviors</i>	Adaptive Behavior (ADAP)	Non-adaptive behavior (NOAD)
BA	STEP3(-3.38); STEP5(-3.29); STEP7(-5.4)	STEP3(3.38); STEP5(3.29); STEP7(5.4)
RIPS	STEP2(2.83); STEP3(5.96); STEP4(5.66); STEP5(3.88); STEP7(10.49)	STEP2(-2.83); STEP3(-5.96); STEP4(-5.66); STEP5(-3.88); STEP7(-10.49)
RIPL	STEP3(-4.85); STEP5(-2.68); STEP7(-3.6)	STEP3(4.85); STEP7(3.6)
RIPR	STEP2(-2.83); STEP4(-5.66); STEP7(-5.35)	STEP2(2.83); STEP4(5.66); STEP7(5.35)
RIPM	STEP3(-4.79); STEP5(-5.71); STEP6 (-9.12); STEP7 (-7.94)	STEP3(4.79); STEP5(5.71); STEP6(9.12); STEP7(7.94)
RCS	STEP2(2.74); STEP3(5.96); STEP4(6.15); STEP5(3.65); STEP7(10.25)	STEP2(-2.74); STEP3(-5.96); STEP4(-6.15); STEP5(-3.65); STEP7(-10.25)
RCL	STEP1(-3.87); STEP3(-5.33); STEP5(-2.42); STEP7(-3.27)	STEP1(3.87); STEP3(5.33); STEP5(2.42); STEP7(3.27)
RCR	STEP2(-2.74); STEP4(-6.15); STEP7(-5.45)	STEP2(2.74); STEP4(6.15); STEP7(5.45)
RCM	STEP3(-4.79); STEP5(-5.72); STEP6(-9.1); STEP7(-7.94)	STEP3(4.79); STEP5(5.72); STEP6(9.1); STEP7(7.94)

The results corresponding to the analysis of polar coordinates allow the information of 10 lags (-5 to -1 and +1 to +5) to be condensed into a single vector, thus facilitating the presentation and interpretation of the diachronic results obtained. To satisfy the objectives of the present work, the analysis of the polar coordinates whose vectors are statistically significant is relevant since: a) as focal behavior the categories corresponding to the dimensions "spatial information of the displacement", "orientation of the robot compared to its initial position" and "orientation of the robot compared to the child", and as conditioned behaviors those corresponding to the dimension "intervention of the teacher"-table 7-; b) as focal behaviors those corresponding to the dimensions "spatial information of the displacement", "orientation of the robot compared to its initial position" and "orientation of the robot compared to the child", and as conditioned behaviors those corresponding to the dimension "withdrawn card"-table 8-.

Table 7: Statistically significant vectors of the analysis of polar coordinates, taking as focal behaviors those corresponding to the dimensions "spatial information of the displacement" (SID), "orientation of the robot compared to its initial position" (ORCIP) and "orientation of the robot compared to the child" (ORCC), and as conditioned behaviors the ones corresponding to the dimension "teacher intervention".

Step	Focal b. Dimen.	Focal behavior	Conditioned behavior	Quadrant	Pros p. Z_{sum}	Retro Z_{sum}	Length	Angle
1	ORCC	Left	Promotes reasoning	IV	0.35	-2.03	2.07	279.85
1	ORCC	Left	States mistake-not answer	II	-0.35	2.03	2.07	99.85
1	ORCC	Same	Promotes reasoning	II	-0.35	3.19	3.21	96.32
1	ORCC	Same	States mistake-not answer	IV	0.35	-3.19	3.21	276.32
1	ORCIP	Left	Promotes reasoning	IV	0.58	-1.91	2	286.9
1	ORCIP	Left	States mistake-not answer	II	-0.58	1.91	2	106.9
1	ORCIP	Same	Promotes reasoning	II	-0.58	3.07	3.12	100.73
1	ORCIP	Same	States mistake-not answer	IV	0.58	-3.07	3.12	280.73
7	SID	Forward	Promotes reasoning	I	1.27	1.76	2.17	54.31
7	SID	Forward	Fixes error with a question	IV	0.11	-2.27	2.27	272.71
7	SID	Left turn	Promotes reasoning	III	-0.8	-1.85	2.01	246.45
7	SID	Left turn	Places the student for inaction	I	2.07	0.11	2.07	3.1
7	ORCC	Mirrored	Places the student for inaction	IV	3.4	-0.31	3.42	354.82
7	ORCC	Mirrored	States the mistake-not answer	II	-0.25	2.58	2.59	95.64
7	ORCC	Same	Places the student for inaction	II	-2.22	0.59	2.3	165.1
7	ORCIP	Mirrored	Places the student for inaction	IV	3.4	-0.31	3.42	354.82
7	ORCIP	Mirrored	States mistake-not answer	II	-0.25	2.58	2.59	95.64
7	ORCIP	Same	Places the student for inaction	II	-2.22	0.64	2.31	163.81

Table 8: Statistically significant vectors of the analysis of polar coordinates, taking as focal behaviors those corresponding to the dimensions "spatial information of the displacement" (SID), "orientation of the robot compared to its initial position" (ORCIP) and "orientation of the robot compared to the child" (ORCC), and as conditioned behaviors the ones corresponding to the dimension "withdrawn card".

Step	Focal b. Dimen.	Focal behav	Conditioned behavior	Quadrant	Pros p. Z_{sum}	Retro Z_{sum}	Length	Angle	Step	Focal b. Dimen.	Focal behav	Conditioned behavior	Quadrant	Pros p. Z_{sum}	Retr o. Z_{sum}	Length	Angle
1	ORCC	Right	Previous	IV	2.72	-1.04	2.91	339.11	5	ORCIP	Left	Up-first error	II	-2.22	3.03	3.76	126.28
1	ORCC	Right	All	II	-1.12	2.45	2.7	114.61	5	ORCIP	Left	All	IV	1.78	-5.33	5.62	288.48
1	ORCC	Left	Previous	II	-1.81	2.01	2.7	131.92	5	ORCIP	Left	Incorrect card	I	1.49	1.8	2.34	50.35
1	ORCC	Left	Up-first error	I	1.55	2.01	2.54	52.36	5	ORCIP	Same	Previous	IV	0.42	-2.71	2.74	278.72
1	ORCC	Left	All	IV	0.92	-2.42	2.59	290.72	5	ORCIP	Same	Up-first error	IV	2.41	-3.68	4.4	303.27
1	ORCC	Same	Incorrect card	I	0.68	2.11	2.22	72.26	5	ORCIP	Same	All	II	-2.44	5.66	6.17	113.33
1	ORCIP	Left	Previous	II	-1.79	1.26	2.19	144.88	5	ORCIP	Same	Incorrect card	III	-1.12	-1.67	2.01	236.06
1	ORCIP	Same	Previous	IV	1.79	-1.26	2.19	324.88	6	ORCC	Left	Previous	I	2.3	0	2.3	0
2	ORCC	Right	Up-first error	II	-0.48	2.01	2.07	103.5	6	ORCC	Left	Up-first error	II	-0.35	1.95	1.98	100.14
2	ORCC	Same	Up-first error	IV	0.48	-2.01	2.07	283.5	6	ORCC	Left	All	III	-0.81	-2.37	2.51	251.05
2	ORCIP	Same	Up-first error	II	-0.48	2.23	2.28	102.24	6	ORCC	Same	Previous	I	-2.3	0	2.3	0
2	ORCIP	Same	Up-first error	IV	0.48	-2.23	2.28	282.24	6	ORCC	Same	Up-first error	IV	0.35	-1.95	1.98	280.14
3	SID	Right	All	IV	1.09	-1.93	2.22	299.36	6	ORCC	Same	All	I	0.81	2.37	2.51	71.05
3	SID	Left	All	II	-1.18	1.78	2.14	123.39	6	ORCIP	Left	All	III	-0.14	-2.37	2.37	266.54
3	ORCC	Left	Up-first error	II	-1.23	2.47	2.76	116.36	6	ORCIP	Same	Previous	I	-2.58	0	2.58	0
3	ORCC	Left	All	IV	2.26	-3	3.75	307.01	6	ORCIP	Same	Up-first error	IV	0.39	-2.18	2.21	280.14
3	ORCC	Left	Incorrect card	II	-1.36	2.26	2.64	121	6	ORCIP	Same	All	I	0.91	2.65	2.8	71.05

3	ORCC	Same	Up-first error	IV	1.27	-2.47	2.78	297.1	7	SID	Back	Up-first error	II	-0.69	3.3	3.38	101.77
3	ORCC	Same	All	II	-2.34	3	3.8	127.98	7	SID	Right	Up-first error	I	0.54	3.26	3.31	80.59
3	ORCC	Same	Incorrect card	IV	1.42	-2.26	2.67	302.15	7	SID	Left	Up-first error	III	-1.18	-2.13	2.43	241.08
3	ORCIP	Left	Up-first error	II	-1.56	4.09	4.37	110.84	7	ORCC	Mirror	Previous	II	-0.82	2.15	2.3	110.83
3	ORCIP	Left	All	IV	2.86	-4.78	5.57	300.87	7	ORCC	Mirror	All	IV	1.43	-1.38	1.99	316.09
3	ORCIP	Left	Incorrect card	II	-1.69	1.94	2.57	131.12	7	ORCC	Right	Previous	I	1.62	5.18	5.43	72.65
3	ORCIP	Same	Up-first error	IV	1.6	-4.09	4.39	291.34	7	ORCC	Right	All	IV	0.05	-3.74	3.74	270.75
3	ORCIP	Same	All	II	-2.94	4.78	5.61	121.57	7	ORCC	Left	Up-first error	I	2.08	1.46	2.54	35.17
3	ORCIP	Same	Incorrect card	IV	1.75	-1.94	2.61	312.15	7	ORCC	Left	All	III	-2.09	-1.44	2.54	214.53
4	ORCC	Right	Up-first error	II	-1.47	1.95	2.44	126.89	7	ORCC	Same	Previous	III	-1.35	-4.34	4.54	252.76
4	ORCC	Same	Up-first error	IV	1.47	-1.95	2.44	306.89	7	ORCC	Same	All	I	0.47	4.3	4.32	83.82
4	ORCIP	Right	All	IV	0.59	-1.82	1.91	287.88	7	ORCIP	Mirror	Previous	II	-0.82	2.15	2.3	110.83
4	ORCIP	Same	Up-first error	IV	1.65	-1.79	2.43	312.61	7	ORCIP	Mirror	All	IV	1.43	-1.38	1.99	316.09
5	ORCC	Left	Previous	I	0.13	2.71	2.71	87.35	7	ORCIP	Right	Previous	I	1.62	5.18	5.43	72.65
5	ORCC	Left	Up-first error	II	-2.16	3.46	4.08	122.05	7	ORCIP	Right	All	IV	0.05	-3.74	3.74	270.75
5	ORCC	Left	All	IV	1.52	-4.76	5	287.77	7	ORCIP	Left	Up-first error	I	1.86	2.08	2.79	48.31
5	ORCC	Same	Previous	IV	0.27	-2.14	2.15	277.15	7	ORCIP	Left	All	III	-1.84	-1.87	2.62	225.41
5	ORCC	Same	Up-first error	IV	2.36	-4.32	4.93	298.59	7	ORCIP	Same	All	III	-1.29	-4.2	4.39	252.95
5	ORCC	Same	All	II	-2.23	5.12	5.58	113.52	7	ORCIP	Same	Up-first error	III	-0.06	-1.99	2	268.2
5	ORCIP	Left	Previous	II	-0.05	3.03	3.03	90.93	7	ORCIP	Same	All	I	0.3	4.61	4.62	86.28

4. Discussion

The observational methodology allows the behavior displayed -under the frequency, order and duration parameters, in a progressive order of inclusion- to be registered into a systematized record (Anguera et al., 2011). This ability allows for diachronic analysis of the behavior recorded (Bakeman y Quera, 2011). Regarding the complementarity of the analysis carried out, it is said that the analysis of polar coordinates does not contemplate the lag 0, so that, in the vectors that reflect the relationship between the focal and conditioned behavior, the relationship is established exclusively in a diachronic way. By incorporating into the study an analysis of adjusted residuals in lag 0, or co-occurrence, the contribution of synchronous information is also covered, which supports the combined use of both analysis techniques (Aragón et al., 2017; Tarragó et al., 2017).

In the present work, an intervention proposal has been designed for the development of computational thinking in ECE by means of an assisted directionality ground robot. Computational thinking (Wing, 2006) in the designed intervention proposal incorporates: an understanding of the fundamental problem posed to find an adequate answer, verbalizing the steps to follow and sequencing the selected path through the selection of direction cards; a reasoning that allows schoolchildren to reach levels of physical-concrete abstraction that enables generalization by recognizing patterns of robot behavior (Mioduser y Kuperman, 2020); and, finally, a self-evaluation of the programmed logic process based on the path made by the robot. The results obtained have allowed us to characterize the resolution process carried out by children of ECE-5 years old of the different problems that constitute the designed intervention sequence.

One of the computational thinking skills involved in the study is the logical organization of the data after choosing the cards, by means of which the students decompose the problem

into simpler parts (Wing, 2006). The lag sequential analysis in the co-occurrence of the behaviors corresponding to the dimension "phase" and "intra-phase attempt" (which act as given behaviors) and the behaviors corresponding to the dimensions "efficacy attempt/phase" and "withdrawn card" (which act as target behaviors) -see table 5-, indicates the difficulty that each phase of problem solving entails for the participants. The association of the phases of "card choice" (CC) and of "movement associated with the robot to the choice of cards" (MARC) with the conditioned behavior does not solve (NS), indicates the difficulty that those phases pose for the participants that imply the choice of cards (CC and MARC) in the routes of more than one turn (steps 3, 4, 5, 6, 7). The statistically significant association relationship between the "determination of the previous route" phase and the correct resolution of the phase (S), shows us the convenience of introducing this phase before the student begins with the card selection phase (CC) in the steps of greater difficulty -this phase has only been recorded in steps 5, 6 and 7-. The "insert the code into de robot" (IR) phase shows an association with "agrees with the card phase but does not solve" (MCP), making it clear that the participants have not experienced difficulty in going from coding to programming the robot. In the card selection phase (CC), the participants are able to discover the error made in the script by removing the wrong card or cards (PC, ICS, FEC), inhibiting the removal of all the cards already selected (AC). The robot movement associated with card selection phase (MARC) presents, in step 5, association with removing the wrong card from the sequence (ICS) and, in step 7, with removing the previous card (PC), showing that the participants are capable of detecting the mistake made when performing the robot movements parallel to the choice of cards, removing the wrong card or the last card selected. In the "insert the code into de robot" (IR) phase, when an error is made in the introduction of the script, the participant is forced to delete all the steps of the sequence already entered and start loading the script (AC) again.

Regarding the number of intra-phase attempts (table 5), the difficulty of the participants solving steps 1, 3, 4 on their first attempt has been verified. Step 1 is associated with the resolution on the second attempt; while step 3 activates resolution on the third attempt. On the other hand, when the participant makes a mistake in the first attempt of steps 5 and 7, an association relationship has been detected with the withdrawal of the wrong card of the sequence (ICS), in step 5, and with the withdrawal of the previous card (PC), in step 7. According to Mioduser y Kuperman (2020), Early Childhood Education children are capable of analyzing cause/effect relationships in the behaviors manifested by the robot, so each new attempt starts from previous experiences, making the use of a coding environment essentially appropriate to the child's ability. The use of a robotic manipulator favors the skills involved in computational thinking, allowing students a greater understanding of the logical processes involved in the process (Wing, 2006).

The lag sequential analysis in the co-occurrence of behaviors corresponding to the dimensions "spatial information of the displacement", "orientation of the robot compared to its initial position" and "orientation of the robot compared to the child" (given behaviors) -table 6- indicates, based on the child's spatial organization capacity, the difficulties of understanding each of the steps that constitute the intervention proposal. At these ages, children can establish spatial relationships between separate objects even when the spatial relationships between objects are not explicitly shown, progressively improving this ability with age (Fernández-Baizan et al., 2019; Vasilyeva y Bowers, 2006). In ECE, it is essential to promote activities that allow students to interact with the space to contextualize problems, turning them into real situations that give learning meaning and significance (Belasko et al., 2019; Jiménez-Gestal et al., 2019). When the robot is in the same orientation as that adopted by the participant (RCS) or in the initial starting position (RIPS), the student does not find difficulties to solve the displacement. However, the spatial information of the backwards displacement (AT), the

robot's orientation compared to the child on the left side (RCL), right side (RCR) or in mirror (RCM), as well as the position of the robot compared to its starting position left lateral (RIPL), right lateral (RIPR) or mirrored (RIPM) trigger a non-adaptive response (NOAD). These results show the possibilities of spatial organization of children of ECE-5 years old and the reasoning difficulty that implies decentration incorporating the management of several spatial references at the same time (Denis, 2017).

The results of the polar coordinate analysis -table 7- taking as conditioned behaviors those corresponding to the dimension “teacher intervention” have only offered statistically significant results in steps 1 and 7. In both steps, when the robot is located in the same orientation as the child (RCS) and coinciding with its starting orientation (RIPS), the participants have not needed the teacher to redirect the reasoning (TRR)-in step 1- or that the teacher conditions the student to overcome his inaction (TRI)-in step 7-. However, when in step 1 there is a left turn that means that the orientation of the robot compared to its initial position is left lateral (RIPL) or that the orientation of the robot compared to the child's position is left lateral (RCL), the intervention of the teacher is activated prospectively to promote reasoning (TRR). In addition, in step 7, when the spatial information of the displacement is a turn to the left (LT) or if the orientation of the robot compared to the child and compared to its initial position is mirrored (RCM, RIPM), it is prospectively activated that the teacher redirects the student to overcome inaction (TRI); which shows, once again, the difficulty posed by situations that imply decentration and that need to consider a greater number of spatial references to achieve an adaptive response to the problem posed (Denis, 2017). Based on the results presented, the role of the teacher's intervention is essential to motivate and challenge schoolchildren in the search for solutions and thus achieve the learning objectives set in intervention programs with educational robots (Pöntinen y Rätty-Záborszky, 2020).

The results of the analysis of polar coordinates -table 8- taking as conditioned behaviors those corresponding to the dimension “withdrawn card”, yield valuable information on the self-correction capacity (Diago et al., 2018). The motor execution phase of step 1 -the only step that incorporates this phase- allows participants to detect the error, facilitating self-correction by allowing the student to be able to remove the wrong card from the sequence (ICS). On the other hand, it should be noted how the steps that incorporate more than one turn (steps 3, 4, 5 and 7) increase the difficulty of solving the problems raised, activating prospectively the withdrawal of all steps (AC) when the robot is oriented laterally compared to the child (RCL, RCR) and its initial position (RIPL, RIPR), or it needs to select a turning card (LT or RT) to achieve resolution.

In general -table 7-, when the robot is oriented in the same position as the child (RCS) or the robot is in the same orientation compared to its initial position (RIPS), the student is able to detect the error or errors made in the sequence and withdrawing the wrong card (ICS), the previous card (PC) or the cards until the first error (FEC), prospectively inhibiting the withdrawal of all the steps (AC). However, when the robot is, both with respect to its initial position and the child's position, with right lateral orientation (RIPR, RCR), left lateral (RIPL, RCL) or mirrored (RIPM, RCM), a prospective activation with the conditioned behavior withdrawal of all steps (AC) has been detected; making it clear, again, the difficulty posed by situations that imply decentration in the 5-year-old child (Denis, 2017).

In the present work, an intervention proposal has been presented through the resolution of spatial orientation mathematical problems for the development of computational thinking in ECE. To solve the challenges, the teacher has made a ground robot available to the trainees with programmed directionality controls. With the use of observational methodology, it has been possible to characterize computational thinking in children of ECE-5 years old, during the resolution of each of the problems of increasing difficulty that constitute the intervention

proposal. The results obtained support the introduction in Early Childhood Education of problem solving sequences using directional robots, for the development of computational thinking skills (Wing, 2006).

References

- Aho, A.V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
- Allison, P.D. y Liker, J.K. (1982). Analyzing sequential categorical data on dyadic interaction: A comment on Gottman. *Psychological Bulletin*, 91(2), 393-403.
- Anguera, M.T. (1979). Observational Typology. *Quality & Quantity. European- American Journal of Methodology*, 13(6), 449-484. <https://doi.org/10.1007/BF00222999>
- Anguera, M.T., Camerino, O., Castañer, M., Sánchez-Algarra, P. y Onwuegbuzie, A.J. (2017). The Specificity of Observational Studies in Physical Activity and Sports Sciences: Moving Forward in Mixed Methods Research and Proposals for Achieving Quantitative and Qualitative Symmetry. *Frontiers in Psychology*, 8:2196. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02196>
- Anguera, M.T., Magnusson, M.S. y Jonsson, G. (2007). Instrumentos no estándar: planteamiento, desarrollo y posibilidades [Non-standard instruments: approach, development and possibilities]. *Avances en Medición*, 5(1), 63-82.
- Aragón, S., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M.T. y Garzón, B. (2017). An example of the informative potential of polar coordinate analysis: sprint tactics in elite 1500 m track events. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 27(1), 26-33. <http://dx.doi.org/10.1080/1091367X.2016.1245192>

- Bakeman, R. y Quera, V. (1995). *Analyzing interaction: Sequential analysis with SDIS and GSEQ*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bakeman, R. (1978). Untangling streams of behavior: sequential analysis of observation data. In G.P. Sackett (Ed.) *Observing Behaviour, Vol. II: Data Collection and Analysis Methods* (pp. 63-78). Baltimore: University Park Press.
- Barron, B., Cayton-Hodges, G., Bofferding, L., Copple, C., Darling-Hammond, L. y Levine, M. (2011). *Take a Giant Step: A Blueprint for Teaching Children in a Digital Age*. New York: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.
- Belasko, M., Herrán, E. y Anguera, M.T. (2019). Dressing toddlers at the Emmi Pikler nursery school in Budapest: caregiver instrumental behavioral pattern. *European Early Childhood Education Research Journal*, 27(6), 972-887. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2019.1678928>
- Benton, L., Hoyles, C., Kalas, I. y Noss, R. (2017). Bridging primary programming and mathematics: Some findings of design research in England. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3(2), 115-138. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0028-x>
- Bers, M. (2008). *Blocks, robots and computers: Learning about technology in early childhood*. New York: Teacher's College Press.
- Bers, M., 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Bers, M., González, C. y Armas, U. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>

- Bers, M., Ponte, I., Juelich, C., Viera, A. y Schenker, J. (2002). Teachers as designers: Integrating robotics in early childhood education. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 1, 123-145.
- Blanco-Villaseñor, A. (1989). Fiabilidad y generalización de la observación conductual. *Anuario de Psicología*, 43, 6-32.
- Blanco-Villaseñor, A. (1991). La teoría de la generalizabilidad aplicada a diseños observacionales. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 17 (3), 23-63.
- Blanco-Villaseñor, A. (1992). Aplicaciones de la teoría de la generalizabilidad en la selección de diseños evaluativos. *Bordón*, 43 (4), 431-459.
- Blanco-Villaseñor, A. (1993). Fiabilidad, precisión, validez y generalizabilidad de los diseños observacionales. En M.T. Anguera (Ed.): *Metodología observacional en la investigación psicológica: Vol. 2: Fundamentación (2)* (pp. 151-261). Barcelona: PPU.
- Cejka, E., Rogers, C. y Portsmore, M. (2006). Kindergarten robotics: Using robotics to motivate math, science, and engineering literacy in elementary school. *International Journal of Engineering Education*, 22(4), 711-722.
- Clements, D.H. y Sarama, J. (1997). Research on Logo: a decade of progress. *Computers in the Schools*, 14(1), 9-46. https://doi.org/10.1300/J025v14n01_02
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Cronbach, L.J., Gleser, G.C., Nanda, H. y Rajaratnam, N. (1972). *The dependability of behavioral measurements: theory of generalizability for scores and profiles*. NY: Wiley.
- Denis, M. (2017). *Space and spatial cognition: A multidisciplinary perspective*. AbinRTon: Routledge.

- Diago, P.D., Arnau, D. y González-Calero, J. A. (2018). La resolución de problemas matemáticos en primeras edades escolares con Bee-bot. [Mathematical problem-solving in early school years with Bee-bot]. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 1(2), 36-50.
- Espinosa, L., Laffey, J., Whittaker, T. y Sheng, Y. (2006). Technology in the home and the achievement of young children: Findings from the early childhood longitudinal study. *Early Education and Development*, 17(3), 421-441. https://doi.org/10.1207/s15566935eed1703_5
- Fernández-Baizan, C., Arias, J.L. y Mendez, M. (2019). Spatial orientation assessment in preschool children: Egocentric and allocentric frameworks. *Applied Neuropsychology: Child*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/21622965.2019.1630278>
- Fessakis, G., Gouli, E. y Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5-6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers and Education*, 63, 87-97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.016>
- Gabín, B., Camerino, O., Anguera, M.T. y Castañer, M. (2012). Lince: Multiplatform sport analysis software. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>
- Gouws, L.A., Bradshaw, K. y Wentworth, P. (2013). Computational thinking in educational activities: An evaluation of the educational game light-bot. In *18th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 10-15. Nueva York, EE.UU. <https://doi.org/10.1145/2462476.2466518>
- Hernández-Mendo, A., Blanco-Villaseñor, A., Pastrana, J.L., Morales-Sánchez, V. y Ramos-Pérez, F.J. (2016). SAGT: Aplicación informática para análisis de generalizabilidad. [SAGT: new software for generalizability analysis]. *Revista Iberoamericana de*

- Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 77-89. <https://doi.org/10.4321/s1578-84232012000100006>
- Jiménez-Gestal, C., Berciano, A., y Salgado, M. (2019). Cómo trabajar la orientación espacial de modo significativo en Educación Infantil: implicaciones didácticas. [How to develop spatial orientation skill in a meaningful context in Early Childhood Education: didactical implications]. *Educación Matemática*, 31(2), 61-74. <http://doi.org/10.24844/EM3102.03>
- Kzakoff, E., Sullivan, A. y Bers, M. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245-255. <https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>
- Kewalramani, S., Palaiologou, I., Arnott, L. y Dardanou, M. (2020). The integration of the internet of toys in early childhood education: a platform for multi-layered interactions. *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(2), 197-213. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1735738>
- Lee, K., Sullivan, A. y Bers, M. (2013). Collaboration by design: Using robotics to foster social interaction in Kindergarten. *Computers in the Schools*, 30(3), 271-281. <https://doi.org/10.1080/07380569.2013.805676>
- Manches, A. y Plowman, L. (2017). Computing education in children's early years: A call for debate. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 191-201. <https://doi.org/10.1111/bjet.12355>
- Mioduser, D. y Kuperman, A. (2020). Young Children's Representational Structures of Robots' Behaviors. *Design and Technology Education: an International Journal*, 25(2), 143-159.
- Pérez, G. y Diago, P.D. (2018). Estudio exploratorio sobre lenguajes simbólicos de programación en tareas de resolución de problemas con Bee-bot. [Exploratory study on

- symbolic programming languages in problem-solving activities with Bee-bot]. *Magister: Revista de Formación del Profesorado e Investigación Educativa*, 30(1 y 2), 9-20. <https://doi.org/10.17811/msg.30.1.2018.9-20>
- Polya, G. (1945). *How to Solve It*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Portell, M., Anguera, M.T., Chacón-Moscoso, S. y Sanduvete-Chaves, S. (2015). Guidelines for Reporting Evaluations based on Observational Methodology (GREOM). *Psicothema*, 27(3), 283-289. <https://doi.org/10.7334/psicothema2014.276>
- Pöntinen, S. y Rätty-Záborszky, S. (2020). Pedagogical aspects to support students' evolving digital competence at school. *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(2), 182-196. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1735736>
- Sackett, G.P. (1980). Lag Sequential Analysis as a data reduction technique in social interaction research. In D.B. Sawin, R.C. Hawkins, L.O. Walker y J.H. Penticuff (Eds.), *Exceptional infant. Psychosocial risks in infant-environment transactions* (pp. 300–340). New York, NY: Brunner/Mazel.
- Skoumpourdi, C. (2010). Kindergarten mathematics with “Pepe the Rabbit”: How kindergarteners use auxiliary means to solve problems. *European Early Childhood Education Research Journal*, 18(3), 299-307. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2010.500070>
- Strawhacker, A. y Bers, M. (2015). “I want my robot to look for food”: Comparing Kindergartner’s programming comprehension using tangible, graphic, and hybrid user interfaces. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(3), 293–319. <http://doi.org/10.1007/s10798-014-9287-7>
- Sullivan, A. y Bers, M. (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.
<http://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- Sullivan, A., Bers, M. y Mihm, C. (2017). Imagining, Playing, and Coding with KIBO: Using Robotics to Foster Computational Thinking in Young Children. In S.C. Kong, J. Sheldon y K.Y. Li (Eds.), *Conference Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education* (pp. 110–115). Hong Kong: The Education University of Hong Kong.
- Tarrago, R., Iglesias, X., Lapresa, D., Anguera, M.T., Ruiz-Sanchís, L. y Arana, J. (2017). Analysis of diachronic relationships in successful and unsuccessful behaviors by world fencing champions using three complementary techniques. *Anales de Psicología*, 33(3), 471-485. <https://doi.org/10.6018/analesps.33.3.271041>
- Vasilyeva, M. y Bowers, E. (2006). Children’s use of geometric information in mapping tasks. *Journal of Experimental Child Psychology*, 95(4), 255-277.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.05.001>
- Wang, X.C., Choi, Y., Benson, K., Eggleston, C. y Weber, D. (2020). Teacher’s role in fostering preschoolers’ computational thinking: An exploratory case study. *Early Education and Development*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1759012>
- Wing, J.M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
<http://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).

Capítulo 6. Discusión

Mediante los cinco estudios realizados en el marco de esta investigación se ha estudiado el diseño y adecuación de una propuesta de intervención para los distintos niveles del segundo ciclo de Educación Infantil que permita el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en los escolares de estas edades, mediante la introducción de actividades de robótica. En su conjunto, los resultados reflejan el potencial de las actividades computacionales para el desarrollo de la resolución de problemas y procesos comprometidos con el razonamiento (Clements y Sarama, 2002; Hoyles y Lagrange, 2010; Shute et al., 2017).

Esta investigación sobre programación de robots mediante el empleo del pensamiento computacional, fomenta el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en el alumnado del segundo ciclo de Educación Infantil, proporcionando a los escolares un entorno de aprendizaje significativo (Resnick et al., 1996). Las actividades propuestas se han realizado de modo divertido y natural, en el aula de Educación Infantil, permitiendo al alumnado desarrollar habilidades de pensamiento computacional (Benitti, 2012; Resnick et al., 1998).

Se ha recurrido a la metodología observacional para realizar una evaluación de la intervención (Anguera, 1979), puesto que brinda un procedimiento científico excelente para objetivar la realidad de modo exhaustivo y examinarla en su diversidad (Anguera et al., 2007). El instrumento de observación construido *ad hoc* para el presente estudio (véase el artículo publicado en la revista *Psicodidáctica* como parte del compendio de publicaciones de la presente Tesis) ha permitido captar la magnitud del universo infantil (Anguera et al., 2007).

Se han aportado evidencias de fiabilidad y generalizabilidad de los datos obtenidos a través del sistema de observación diseñado. En lo relativo a la fiabilidad, el coeficiente Kappa de Cohen (1960) ha evidenciado una elevada concordancia inter observadores (Tabla 7).

Tabla 7. Coeficiente Kappa de Cohen por *step*, participante y curso de Educación Infantil

		<i>Step 1</i>	<i>Step 2</i>	<i>Step 3</i>	<i>Step 4</i>	<i>Step 5</i>	<i>Step 6</i>	<i>Step 7</i>
1º Ed. Infantil	Participante 2	1.0	1.0	0.9943	1.0	0.9090	1.0	1.0
	Participante 12	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9044
2º Ed. Infantil	Participante 8	1.0	1.0	1.0	0.9862	1.0	1.0	0.9928
	Participante 12	1.0	1.0	1.0	0.9906	0.9974	1.0	0.9929
3º Ed. Infantil	Participante 3	1.0	1.0	1.0	0.9931	0.9886	0.9931	0.9838
	Participante 13	1.0	0.9860	1.0	0.9920	0.9844	0.9807	0.9034

Se ha obtenido una consideración de acuerdo “*almost perfect*”, en todos los *steps* de cada uno de los cursos, con valores comprendidos entre 0.80 y 1, teniendo en cuenta los valores de referencia clásicos de Landis y Koch (1977).

En lo referente a la generalizabilidad, el plan de medida [Categorías] [Steps]/ [Participantes], nos permite avalar una elevada fiabilidad de precisión de generalización, con el número de participantes examinados: en 1º de Educación Infantil, absoluta de 0.98 y relativa de 0.981; en 2º de Educación Infantil, absoluta de 0.988 y relativa de 0.989; y en 3º de Educación Infantil, absoluta y relativa de 0.989, lo que acredita la homogeneidad de la conducta desplegada por el alumnado de cada curso que constituye el muestreo observacional.

La operatividad del sistema de observación desplegado se evidencia tanto en los registros correspondientes a cada conjunto de datos de cada participante en cada uno de los *steps*, como en los diferentes análisis diacrónicos realizados -detección de *T-patterns*, análisis secuencial de retardos y coordenadas polares-. Hay que reseñar que es en los análisis diacrónicos en dónde la metodología observacional demuestra todo su potencial (Anguera et al., 2021).

En relación con el primer aspecto, es decir, con los registros correspondientes a cada paquete de datos, el instrumento de observación creado posibilita realizar una representación

de la conducta del estudiante y la interacción que se produce entre el escolar y la maestra de forma lineal -en el tiempo- y simplificada. Esta imagen de la realidad favorece el entendimiento de cada uno de los pasos seguidos por los participantes en el proceso de resolución de los *steps* que conforman la intervención desarrollada.

Con respecto a la interpretación de las conductas detectadas en los *T-patterns*, en el análisis secuencial de retardos y en el análisis de coordenadas polares, el instrumento de observación diseñado nos ha permitido identificar las dificultades precisas que se producen en los estudiantes de Educación Infantil en la asimilación del lenguaje computacional y las posibilidades de auto-evaluación de cada una de las fases de resolución de los problemas mediante el pensamiento computacional. La descomposición de los problemas en partes más sencillas y la formulación de algoritmos de resolución permiten a los estudiantes llevar a cabo una auto-evaluación del desarrollo por medio del pensamiento computacional (Wing, 2006).

6.1. Adecuación de la propuesta

Para comprobar la adecuación de la propuesta de intervención desarrollada, a continuación, se realiza una comparativa de los resultados obtenidos entre los más pequeños del segundo ciclo de Educación Infantil -3años- y los mayores de la etapa -5 años- para, de este modo, estudiar las diferencias en lo que al desarrollo del pensamiento computacional entre el alumnado de Educación Infantil, se refiere.

El presente trabajo muestra el gran potencial educativo que poseen las tecnologías digitales, contribuyendo a la mejora del proceso de enseñanza aprendizaje, posibilitando un tratamiento individualizado, adaptándose a los diferentes ritmos de aprendizaje del alumnado (Barron et al., 2011).

6.1.1. De la resolución en función del step, de la edad y del tiempo empleado

En primer lugar se ha realizado un estudio comparativo en función del *step* y de la edad

del alumnado participante en la intervención desarrollada.

Entre los 12 participantes de 3 años, desglosado por *steps*, se observan los siguientes resultados: *step 1*, superado por 12 participantes; *step 2*, superado por 10 participantes; *step 3*, superado por 8 participantes; *step 4*, superado por 6 participantes; *step 5*, superado por 5 participantes; *step 6*, superado por 9 participantes y *step 7*, superado por 1 participante.

Entre los 11 participantes de 5 años, se contemplan los siguientes resultados: *steps 1, 2, 3, 4, 6 y 8* superados por los 11 participantes; *step 5*, superado por 10 participantes; y *step 7*, superado por 4 participantes.

Los resultados obtenidos nos indican cómo en 1º de Educación Infantil el 8.33 % del alumnado que realiza la trayectoria de resolución de problemas supera todos los problemas planteados, mientras que en 3º de Educación Infantil este número se cuadruplica hasta alcanzar un 36.37 % de los escolares participantes.

En el artículo publicado en la revista Contextos Educativos, como parte del compendio de publicaciones de la presente Tesis, se presentan los resultados de asociación estadísticamente significativa entre el criterio grupo de edad y los criterios *steps 4, 5 y 6*, mediante la prueba χ^2 de Pearson. El análisis de residuos corregidos (Haberman, 1973) nos aporta información sobre la probabilidad de superación o no superación de determinados *steps* por parte de los participantes. En los tres *steps* mencionados se observa cómo el alumnado de 1º de Educación Infantil presenta menos probabilidades de acierto que los participantes de cursos posteriores.

En segundo lugar, se ha efectuado un estudio comparativo en función del tiempo empleado por cada participante, teniendo en consideración el curso y el *step* de la trayectoria de resolución de problemas diseñado. De los resultados obtenidos y publicados en la revista Contextos Educativos se observa cómo en los *steps 1, 2, 3, 4 y 6*, el tiempo empleado por los participantes más pequeños es significativamente superior al que necesitan los participantes de

cursos superiores. El alumnado de 1º de educación Infantil necesita más tiempo para resolver el *step* que el alumnado de 2º de Educación Infantil y, a su vez, el alumnado de 2º de Educación Infantil precisa más tiempo de resolución que el alumnado de 3º de Educación Infantil. Respecto a los *steps* 5 y 7, los resultados obtenidos nos señalan que vuelven a ser los alumnos más pequeños de la etapa -1º Educación Infantil-, los participantes que requieren más tiempo para resolver dichos *steps*, pero en estos problemas es el alumnado de 2º de Educación Infantil el que emplea menos tiempo en la resolución de los mismos, situándose en una posición intermedia los participantes de 3º de Educación Infantil.

En todos los *steps*, los participantes de 1º de Educación Infantil, necesitan más tiempo de resolución que el resto de participantes de cursos superiores. El desarrollo del pensamiento computacional entendido como un proceso de resolución de problemas matemáticos va evolucionando a lo largo de la etapa educativa de Educación Infantil, a medida que los escolares van desarrollando estrategias de razonamiento matemático y habilidades en la resolución de problemas (Bers et al., 2014; Bers et al., 2019; Kazakoff et al., 2013). El empleo de robots manipulables presenta muchos beneficios para el desarrollo del alumnado y les ayuda a adquirir una mejor comprensión de conceptos matemáticos (Bers 2008; Bers et al., 2002; Elkin et al., 2014; Rogers y Portsmore 2004). A medida que los escolares de Educación Infantil avanzan en edad adquieren destrezas de resolución de problemas mediante el pensamiento computacional que les permiten resolver los problemas de mayor dificultad enmarcados dentro de la trayectoria de resolución planteada.

6.1.2. Del análisis de residuos ajustados en la co-ocurrencia (retardo 0)

El análisis secuencial de retardos ajustados en el retardo 0, correspondiente a las categorías de las dimensiones “fase” e “intento intra-fase” nos muestra las dificultades con las que se encuentran los escolares en cada una de las fases de resolución de problemas.

Los escolares de Educación Infantil no presentan inconvenientes para resolver un problema trazando previamente el recorrido a seguir (DPR), como se observa en los *steps* 5, 6 y 7 para ambos cursos estudiados, cuya eficacia del intento es resuelve (R). Las fases de “elección de tarjetas” (ET) y de “movimiento asociado de Next a la elección de tarjetas” (MANET) se asocian con la conducta *given* no resuelve (NR), en ambos cursos, con la diferencia de que en los escolares de 3º de Educación Infantil, los problemas de un solo giro (*steps* 1 y 2) no se asocian con la no resolución, lo que nos aporta datos acerca de las estrategias de resolución adquiridas a lo largo de la etapa, que les capacita para resolver problemas de menor dificultad de manera más adecuada. Respecto a la fase MANET cabe destacar que los escolares que más han precisado realizar los movimientos del robot a la vez que buscaban una solución al problema han sido los más pequeños (1º Educación Infantil); esto nos confirma cómo la abstracción, considerada como una destreza asociada al desarrollo computacional, es un proceso madurativo esencial para la resolución de problemas a través del pensamiento computacional (Allan et al., 2010; Bers et al., 2014; Diago et al., 2018; Drijvers et al., 2010; Terroba, Ribera, Lapresa y Anguera, 2021a; Terroba, Ribera, Lapresa y Anguera, 2021b; Terroba et al., 2022; Wing, 2006). Respecto a la fase de “introducción en Next” (IN) se produce una alianza con la conducta “concuera con fase de tarjetas pero no resuelve” (CFT), tanto en 1º como en 3º de Educación Infantil, lo que evidencia que los escolares no manifiestan dificultad para abordar con éxito el paso de la elección de tarjetas a la introducción de los códigos en Next.

Para facilitar la comparativa se presenta la información de los cursos 1º y 3º de Educación Infantil en una tabla resumen (véase Tabla 8).

Tabla 8: Tabla resumen para facilitar la comparativa de los residuos ajustados en el retardo 0. Conductas *given*: dimensión “fase” e “intento intra-fase”. Conductas *target*: dimensión “eficacia intento/fase”.

	R		NR		CFT	
	1º E. I	3º E.I.	1º E. I	3º E.I.	1º E. I	3º E.I.
DPR	<i>step</i> 5 (2.43) <i>step</i> 6 (3.1) <i>step</i> 7 (5.36)	<i>step</i> 5 (2.85) <i>step</i> 6 (2.53) <i>step</i> 7 (5.51)	<i>step</i> 7(-2.06)	<i>step</i> 7 (-3.28)		
ET	<i>step</i> 6 (-2.01)	<i>step</i> 7 (-2.59)	<i>step</i> 2 (3.09) <i>step</i> 3 (3.18) <i>step</i> 5 (3.28) <i>step</i> 6 (4.09) <i>step</i> 7 (3.07)	<i>step</i> 3 (2.89) <i>step</i> 4 (4.24) <i>step</i> 5 (4.05) <i>step</i> 6 (3.26) <i>step</i> 7 (4.14)		
MANET			<i>step</i> 3 (2.8) <i>step</i> 4 (3.33) <i>step</i> 5 (2.66) <i>step</i> 7 (4)	<i>step</i> 7 (2.06)		
MTRZ						
IN	<i>step</i> 7 (-2.5)	<i>step</i> 7 (-2.3)	<i>step</i> 2 (-2.85) <i>step</i> 3 (-5.15) <i>step</i> 4 (-3.74) <i>step</i> 5 (-4.23) <i>step</i> 6 (-2.58) <i>step</i> 7 (-3.71)	<i>step</i> 3 (-2.89) <i>step</i> 4 (-3.31) <i>step</i> 5 (-2.54) <i>step</i> 7 (-2.1)	<i>step</i> 1 (2.09) <i>step</i> 2 (3.31) <i>step</i> 3 (5.17) <i>step</i> 4 (4.1) <i>step</i> 5 (4.95) <i>step</i> 6 (4.3) <i>step</i> 7 (6.45)	<i>step</i> 3 (3.61) <i>step</i> 4 (3.48) <i>step</i> 5 (2.23) <i>step</i> 6 (3.09) <i>step</i> 7 (5.25)
I1	<i>step</i> 3 (-3.34) <i>step</i> 6 (2.41)	<i>step</i> 1 (-2.57) <i>step</i> 3 (-3.26) <i>step</i> 4 (-2.47)	<i>step</i> 1 (2.18)	<i>step</i> 1 (2.2)		<i>step</i> 3 (2.17)
I2	<i>step</i> 3(2.09) <i>step</i> 6 (-2.4) <i>step</i> 7 (-2.05)	<i>step</i> 1 (2.57)		<i>step</i> 1 (-2.2)	<i>step</i> 1 (2.03)	
I3	<i>step</i> 1 (2.98) <i>step</i> 3 (1.98) <i>step</i> 4 (2.84)	<i>step</i> 3 (3.99)	<i>step</i> 1 (-2.5)	<i>step</i> 3 (-2.54)		

En relación con el número de intentos cabe destacar cómo el aprendizaje alcanzado a lo largo de la trayectoria de resolución permite a los escolares de ambos cursos resolver los problemas de mayor complejidad a medida que avanzan en el desarrollo de la secuencia (Sinclair, 2005). Sírvese de ejemplo cómo el *step* 1 es muy probable que no se resuelva (NR) en el primer intento (I1) ni en 1º de Educación Infantil, ni en 3º de Educación Infantil, mientras que los alumnos mayores de la etapa educativa es probable que lo resuelvan antes (I2) que los más pequeños (I3). El lenguaje de programación utilizado por dispositivos manipulables, por su carácter intuitivo y su sencillez de aprendizaje, facilita la organización y secuenciación del proceso, características claves del pensamiento computacional y permite al alumnado de la etapa Infantil construir y programar sencillos proyectos de robótica (Bers et al., 2002; Kazakoff et al., 2013; Valverde et al., 2015). Las Tablas 8 y 9, muestran la importancia del aprendizaje en la resolución de la secuencia.

Tabla 9. Tabla resumen para facilitar la comparativa de los residuos ajustados en el retardo 0. Conductas *given*: dimensión “fase” e “intento intra-fase”. Conductas *target*: dimensión “paso retirado”.

	PA		PPE		PT		PTI		PUTC	
	1º E.I.	3º E.I.	1º E.I.	3º E.I.	1º E.I.	3º E.I.	1º E.I.	3º E.I.	1º E.I.	3º E.I.
DPR										
ET	<i>step1</i> (-2.42)	<i>step5</i> (2.19)		<i>step3</i> (2.54) <i>step4</i> (2.18) <i>step5</i> (3.14) <i>step7</i> (2.47)	<i>step3</i> (-2.5)	<i>step1</i> (-2.58) <i>step2</i> (-2.37) <i>step3</i> (-4.34) <i>step4</i> (-2.98) <i>step5</i> (-4.51) <i>step6</i> (-3) <i>step7</i> (-2.85)	<i>step5</i> (2.42)	<i>step3</i> (2.54)		
MANET	<i>step4</i> (3.25) <i>step5</i> (2.42)	<i>step7</i> (2.34)	<i>step6</i> (2.07)		<i>step4</i> (-3.25) <i>step5</i> (-2.22) <i>step7</i> (-3.2)			<i>step5</i> (4.9)		
MTRZ	<i>step1</i> (2.42)					<i>step1</i> (2.58)				
IN					<i>step2</i> (2.58) <i>step3</i> (3.62) <i>step4</i> (3.25) <i>step5</i> (3.03) <i>step6</i> (2.58) <i>step7</i> (3.69)	<i>step2</i> (2.37) <i>step3</i> (4.34) <i>step4</i> (3.53) <i>step5</i> (4.9) <i>step6</i> (3) <i>step7</i> (3.24)				
I1	<i>step2</i> (2.15) <i>step3</i> (2.28)	<i>step7</i> (2.88)			<i>step5</i> (-2.38) <i>step7</i> (-2.12)	<i>step7</i> (-2.47)		<i>step5</i> (2.28)	<i>step5</i> (2.55)	
I2					<i>step7</i> (2.12)					
I3					<i>step5</i> (2.1)					

En cuanto a la dimensión “paso retirado” de la conducta *target*, las diferencias más relevantes que se encuentran entre el alumnado del primer curso y del tercer curso del segundo ciclo de Educación Infantil radican en que cuando se produce un error en la secuencia, los escolares más pequeños reaccionan quitando la tarjeta anterior de la secuencia (PA), en la fase “motriz” (MTRZ), *step* 1; fase “elección de tarjetas” (ET), *steps* 3 y 6; fase de “movimiento asociado de Next a la elección de tarjetas” (MANET), *steps* 4 y 5; mientras que los escolares de 3º de Educación Infantil reaccionan encontrando la tarjeta incorrecta de la secuencia y retirando en la fase “elección de tarjetas” (ET), *steps* 3, 4, 5 y 6, todos los pasos hasta el primer error (PPE), incluso en el *step* 3, el paso incorrecto (PTI); y en la fase de “movimiento asociado de Next a la elección de tarjetas” (MANET), *step* 5, retirando la tarjeta incorrecta (PTI) y en el *step* 7, la tarjeta anterior (PA). Cuando se trata de comenzar un nuevo intento en la fase de “introducción en Next” (IN), los escolares de ambos cursos retiran todos los pasos de la secuencia introducida en el robot (PT). El uso de robots programables en las aulas de Educación

Infantil tiene un enorme potencial en el campo de la resolución de problemas ya que permite a los escolares idear un plan de acción y evaluarlo en función de la respuesta ofrecida por el robot (Diago et al., 2018).

El análisis secuencial de residuos ajustados en el retardo 0, correspondiente a las conductas *given* de las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y conducta *target* “adaptación de la conducta al problema planteado” nos ofrece información sobre la necesidad de incorporar en el aula actividades que favorezcan una interacción del alumnado con el espacio y le permita poder llevar a cabo una contextualización de los problemas propuestos (Belasko et al., 2019; Jiménez-Gestal et al., 2019). Del mismo modo, el estudio refleja las dificultades de comprensión con las que se encuentra el alumnado de estas edades debido al estado de desarrollo de la orientación espacial que le impide tomar en consideración en un mismo problema diversas referencias espaciales (Denis, 2017).

En ambos cursos de Educación Infantil (véase Tablas 10 y 11), cuando la información espacial del paso es atrás (AT), el alumnado muestra dificultades de resolución y ofrece una respuesta no adaptativa (NOAD). En 1º de Educación Infantil sucede la misma conducta no adaptativa (NOAD) cuando la información del paso es giro hacia la derecha (GD) o giro hacia la izquierda (GI), mientras que cuando la información del paso es adelante (AD) se produce una respuesta adaptativa (ADAP). Respecto a la orientación del robot en relación con la posición inicial, en los dos cursos estudiados hay similitudes, cuando la orientación del robot es igual a la posición inicial (NPM) se produce una respuesta adaptativa (ADAP), sin embargo, cuando la posición de Next es lateral izquierda (NPLI), lateral derecha (NPLD) o en espejo (NPE), se origina una respuesta no adaptativa (NOAD). Este mismo patrón de conducta se produce cuando se tiene en consideración la orientación de Next respecto al niño, ofreciendo respuesta adaptativa (ADAP) si la posición de Next es igual que la del niño (NNM), e

implicando una respuesta no adaptativa (NOAD) cuando la posición de Next respecto al niño es lateral izquierda (NNLI), lateral derecha (NNLD) o en espejo (NNE).

Tabla 10. Tabla resumen para facilitar la comparativa de los residuos ajustados en el retardo 0. Conductas *given*: dimensión “información espacial del paso” y “orientación del robot respecto a su posición inicial”. Conducta *target*: dimensión “adaptación de la conducta al problema planteado”, conducta adaptativa (ADAP)

	1º E.I. Conducta adaptativa (ADAP)	3º E.I. Conducta adaptativa (ADAP)
AD	<i>step1</i> (2.42); <i>step2</i> (4); <i>step3</i> (2.74); <i>step4</i> (2.78); <i>step5</i> (2.03); <i>step6</i> (2.94)	
AT	<i>step2</i> (-2.63); <i>step3</i> (-3.7); <i>step4</i> (-2.54); <i>step5</i> (-2.75); <i>step6</i> (-2.87); <i>step7</i> (-3.17)	<i>step3</i> (-3.38); <i>step5</i> (-3.29); <i>step7</i> (-5.4)
GI	<i>step2</i> (-3.42); <i>step4</i> (-2.83)	
GD	<i>step1</i> (-2.91); <i>step6</i> (-2.58)	
NPM	<i>step2</i> (3.58); <i>step3</i> (7.18); <i>step4</i> (5.78); <i>step5</i> (2.2)	<i>step2</i> (2.83); <i>step3</i> (5.96); <i>step4</i> (5.66); <i>step5</i> (3.88); <i>step7</i> (10.49)
NPLI	<i>step2</i> (-2.52); <i>step3</i> (-4.11); <i>step4</i> (-5.14)	<i>step3</i> (-4.85); <i>step5</i> (-2.68); <i>step7</i> (-3.6)
NPLD	<i>step2</i> (-2.63); <i>step3</i> (-5.48); <i>step4</i> (-3.95); <i>step5</i> (-3.63); <i>step6</i> (-4.5)	<i>step2</i> (-2.83); <i>step4</i> (-5.66); <i>step7</i> (-5.35)
NPE	<i>step1</i> (-2.78); <i>step2</i> (-2.52); <i>step3</i> (-3.85); <i>step5</i> (-3.63); <i>step6</i> (-5.52); <i>step7</i> (-3.69)	<i>step3</i> (-4.79); <i>step5</i> (-5.71); <i>step6</i> (-9.12); <i>step7</i> (-7.94)
NNM	<i>step1</i> (2.94); <i>step2</i> (3.58); <i>step3</i> (7.84); <i>step4</i> (6.09); <i>step5</i> (3.08)	<i>step2</i> (2.74); <i>step3</i> (5.96); <i>step4</i> (6.15); <i>step5</i> (3.65); <i>step7</i> (10.25)
NNLI	<i>step1</i> (-4.59); <i>step2</i> (-2.52); <i>step3</i> (-4.75); <i>step4</i> (-5.14)	<i>step1</i> (-3.87); <i>step3</i> (-5.33); <i>step5</i> (-2.42); <i>step7</i> (-3.27)
NNLD	<i>step2</i> (-2.63); <i>step3</i> (-5.48); <i>step4</i> (-4.24); <i>step5</i> (-2.25); <i>step6</i> (-4.5)	<i>step2</i> (-2.74); <i>step4</i> (-6.15); <i>step7</i> (-5.45)
NNE	<i>step1</i> (-4.14); <i>step2</i> (-2.52); <i>step3</i> (-3.85); <i>step5</i> (-3.08); <i>step6</i> (-5.52); <i>step7</i> (-3.69)	<i>step3</i> (-4.79); <i>step5</i> (-5.72); <i>step6</i> (-9.1); <i>step7</i> (-7.94)

Tabla 11. Residuos ajustados en el retardo 0. Conductas *given*: dimensión “información espacial del paso” y “orientación del robot respecto a su posición inicial”. Conducta *target*: dimensión “adaptación de la conducta al problema planteado”, conducta no adaptativa (NOAD)

	1º E.I. Conducta no adaptativa (NOAD)	3º E.I. Conducta no adaptativa (NOAD)
AD	<i>step1</i> (-2.42); <i>step2</i> (-4); <i>step3</i> (-2.74); <i>step4</i> (-2.78); <i>step5</i> (-2.03); <i>step6</i> (-2.94)	
AT	<i>step2</i> (2.63); <i>step3</i> (3.7); <i>step4</i> (2.54); <i>step5</i> (2.75); <i>step6</i> (2.87); <i>step7</i> (3.17)	<i>step3</i> (3.38); <i>step5</i> (3.29); <i>step7</i> (5.4)
GI	<i>step2</i> (3.42); <i>step4</i> (2.83)	
GD	<i>step1</i> (2.91); <i>step6</i> (2.58)	
NPM	<i>step2</i> (-3.58); <i>step3</i> (-7.18); <i>step4</i> (-5.78); <i>step5</i> (-2.2)	<i>step2</i> (-2.83); <i>step3</i> (-5.96); <i>step4</i> (-5.66); <i>step5</i> (-3.88); <i>step7</i> (-10.49)
NPLI	<i>step2</i> (2.52); <i>step3</i> (4.11); <i>step4</i> (5.14)	<i>step3</i> (4.85); <i>step7</i> (3.6)
NPLD	<i>step2</i> (2.63); <i>step3</i> (5.48); <i>step4</i> (3.95); <i>step5</i> (3.63); <i>step6</i> (4.5)	<i>step2</i> (2.83); <i>step4</i> (5.66); <i>step7</i> (5.35)
NPE	<i>step1</i> (2.78); <i>step2</i> (2.52); <i>step3</i> (3.85); <i>step5</i> (3.63); <i>step6</i> (5.52); <i>step7</i> (3.69)	<i>step3</i> (4.79); <i>step5</i> (5.71); <i>step6</i> (9.12); <i>step7</i> (7.94)
NNM	<i>step1</i> (-2.94); <i>step2</i> (-3.58); <i>step3</i> (-7.84); <i>step4</i> (-6.09); <i>step5</i> (-3.08)	<i>step2</i> (-2.74); <i>step3</i> (-5.96); <i>step4</i> (-6.15); <i>step5</i> (-3.65); <i>step7</i> (-10.25)
NNLI	<i>step1</i> (4.59); <i>step2</i> (2.52); <i>step3</i> (4.75); <i>step4</i> (5.14)	<i>step1</i> (3.87); <i>step3</i> (5.33); <i>step5</i> (2.42); <i>step7</i> (3.27)
NNLD	<i>step2</i> (2.63); <i>step3</i> (5.48); <i>step4</i> (4.24); <i>step5</i> (2.25); <i>step6</i> (4.5)	<i>step2</i> (2.74); <i>step4</i> (6.15); <i>step7</i> (5.45)
NNE	<i>step1</i> (4.14); <i>step2</i> (2.52); <i>step3</i> (3.85); <i>step5</i> (3.08); <i>step6</i> (5.52); <i>step7</i> (-3.69)	<i>step3</i> (4.79); <i>step5</i> (5.72); <i>step6</i> (9.1); <i>step7</i> (7.94)

Tal y como se comprueba en las Tablas 9 y 10 en ambos cursos se muestran dificultades derivadas de la orientación espacial del alumnado, no presentando problemas cuando la

información del paso es adelante (AD) o cuando la información del robot respecto a la posición inicial (NPM) o respecto al niño (NNM) es la misma.

6.1.3. De los resultados del análisis de coordenadas polares.

Los resultados correspondientes al análisis de coordenadas polares han posibilitado sintetizar la información de los retardos prospectivos y retrospectivos en un vector exclusivo, gracias a lo cual se facilita la presentación e interpretación de los resultados diacrónicos obtenidos (Lapresa et al., 2020).

El análisis de coordenadas polares, considerando como conductas *given* a las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas *target* a las correspondientes a la dimensión “intervención de la maestra” (véase Tabla 12), muestran la relevancia que tiene el papel de la maestra para generar ayudas que conlleven a la resolución de problemas (Giacconi et al., 2018; Pifarré y Sanuy, 2002), así como la importancia de su intervención para motivar y generar desafíos que incentiven su aprendizaje (Pöntinen y Rätty-Záborszky, 2020).

Los resultados de los análisis de coordenadas polares -Tabla 12-, muestran vectores significativos en los *steps* 1, 3, 4, 5, 6 y 7 para el alumnado de 1º de Educación Infantil y vectores significativos en los *steps* 1 y 7 para el alumnado de 3º de Educación Infantil.

Tabla 12. Tabla resumen para favorecer la comparativa de los vectores del análisis de coordenadas polares. Conductas focales: dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”. Conducta condicionada: dimensión “intervención de la maestra”.

Step	Día da focal-condicionada	Cuadrante	1º E. I.				3º E. I.				
			Z _{sum} prosp	Z _{sum} retro	Longitud	Ángulo	Cuadrante	Z _{sum} prosp	Z _{sum} retro	Longitud	Ángulo
1	AD-MRR	IV	1.95	-1.37	2.39	324.91					
1	AD-MENR	II	-1.95	1.37	2.39	144.91					
1	GI-MRR	II	-1.76	1.37	2.23	142.07					
1	GI-MENR	IV	1.76	-1.37	2.23	322.07					
1	NNLI-MRR						IV	0.35	-2.03	2.07	279.85
1	NNLI-MENR						II	-0.35	2.03	2.07	99.85
1	NNM-MRR						II	-0.35	3.19	3.21	96.32
1	NNM-MENR						IV	0.35	-3.19	3.21	276.32
1	NPLI-MRR						IV	0.58	-1.91	2	286.9
1	NPLI-MENR						II	-0.58	1.91	2	106.9
1	NPM-MRR						II	-0.58	3.07	3.12	100.73
1	NPM-MENR						IV	0.58	-3.07	3.12	280.73
7	AD-MRR	I	2.45	0.94	2.62	20.97	I	1.27	1.76	2.17	54.31
7	AD-MFE	II	-2.73	0	2.73	180	IV	0.11	-2.27	2.27	272.71
7	AD-MENR	III	-1.78	-1.47	2.31	219.51					
7	GD-MRR	II	-2.79	1.37	3.11	153.8					
7	GD-MENR	I	4.35	0.26	4.35	3.41					
7	GI-MRR	III	-1.06	-2.91	3.1	250	III	-1.06	-2.91	3.1	250
7	GI-MFE	I	3.5	1.04	3.65	16.59					
7	GI-MRI						I	2.07	0.11	2.07	3.1
7	GI-MENR	II	-1.17	1.88	2.21	121.86					
7	NNE-MRR	IV	0.25	-2.88	2.89	274.97					
7	NNE-MRI						IV	3.4	-0.31	3.42	354.82
7	NNE-MENR						II	-0.25	2.58	2.59	95.64
7	NNE-MEYR	II	-0.5	2.55	2.6	101.02					
7	NNLI-MFE	IV	2.31	-0.15	2.31	356.23					
7	NNLI-MENR	II	-2.15	0.26	2.16	173.11					
7	NNM-MFE	III	-2.24	-0.14	2.24	183.54					
7	NNM-MRI						II	-2.22	0.59	2.3	165.1
7	NNM-MENR	IV	2.5	-0.08	2.5	358.05					
7	NNM-MEYR	IV	2.15	-0.25	2.16	353.23					
7	NPE-MRR	IV	0.25	-2.88	2.89	274.97	IV	0.25	-2.88	2.89	274.97
7	NPE-MRI						IV	3.4	-0.31	3.42	354.82
7	NPE-MENR						II	-0.25	2.58	2.59	95.64
7	NPE-MEYR	II	-0.5	2.55	2.6	101.02					
7	NPLI-MFE	IV	2.31	-0.29	2.33	352.93					
7	NPLI-MENR	II	-2.15	0.65	2.24	163.19					
7	NPLI-MEYR	III	-1.76	-0.89	1.98	206.91					
7	NPM-MFE	III	-2.24	-0.03	2.24	180.8					
7	NPM-MRI										
7	NPM-MENR	IV	2.5	-0.5	2.54	348.75					
7	NPM-MEYR	IV	2.15	-0.19	2.16	354.88	II	-2.22	0.64	2.31	163.81

En 1º de Educación Infantil los datos recabados en el *step* 1, nos aportan información entre el cruce de la dimensión *given* “información espacial del paso” con la dimensión *target* “intervención de la maestra”. Cuando la información del paso es “adelante” (AD) se activa hacia delante que la “maestra promueva el razonamiento” (MRR) e inhibe hacia delante que

“la maestra manifiesta el error pero no responde” (MENR), mientras que la información del paso es “giro a la izquierda” (GI), sucede exactamente lo opuesto, se activa en lo prospectivo “la maestra manifiesta el error pero no responde” (MENR) e inhibe la “maestra promueva el razonamiento” (MRR). Cuando el paso es “adelante” (AD) es probable que la maestra incite al alumnado a seguir razonando, mientras que si es la información del paso es “giro a la izquierda” (GI), lo más probable es que la maestra tenga que manifestar el error para que el estudiante siga razonando. En 3º de Educación Infantil, en este primer *step*, de desarrollo motriz y un único giro hacia la izquierda, cuando Next se encuentra girado hacia la izquierda respecto a la posición inicial o respecto al niño (NPLI, NNLI) existe asociación estadísticamente significativa con que se active hacia delante la intervención de la maestra “manifiesta el error pero no responde” (MENR), mientras que si Next se encuentra en la misma posición inicial o respecto al niño (NPM, MNM), se activa en lo prospectivo que la “maestra promueve el razonamiento” (MRR).

En relación con el *step* 7, problema de recorrido largo, los resultados alcanzados nos aportan información relevante respecto a la capacidad de orientación espacial del alumnado de estas edades. En ambos cursos, cuando la información del paso es “adelante” (AD) existe asociación estadísticamente significativa con que se active la intervención de la maestra para promover el razonamiento (MRR), pero cuando se trata de la información “giro a la izquierda” (GI), los más pequeños precisan que la “maestra fije el error” (MFE) para darse cuenta del error cometido y en ocasiones necesitan que “la maestra fija el error y responde” (MEYR) ya que por sí solos no son capaces de encontrar el error y corregirlo, mientras que los mayores requieren la intervención de la “maestra por inacción” (MRI). En 1º de Educación Infantil, cuando la orientación del robot respecto al niño (NNLI) o respecto a su posición inicial es lateral izquierda (NPLI), la maestra fija el error cometido (MFE), cuando la orientación del robot respecto al niño (NNE) o respecto a su posición inicial es en espejo (NPE), existe una

asociación estadísticamente significativa con que se active la intervención de “la maestra promueve el razonamiento” (MRR) y cuando la orientación del robot es la misma respecto a la posición inicial (NPM) o la misma respecto a la posición del niño (NNM), existe una asociación estadísticamente significativa con que la maestra indique explícitamente el error cometido pero no responda (MENR) o incluso llegue a ofrecer la respuesta al alumnado (MEYR). Mientras que en el caso del alumnado de 3º de Educación Infantil cuando la orientación del robot respecto al niño (NNE) o respecto a su posición inicial es en espejo (NPE), la asociación estadísticamente significativa se produce con la probabilidad de que la intervención de la maestra vaya encaminada a incentivar al alumno a buscar una respuesta ante su inacción (MRI).

El alumnado más pequeño de Educación Infantil -3 años- precisa más ayuda por parte de la maestra para descubrir los errores cometidos tanto en la secuenciación de los pasos de la solución problema, como en la programación.

El empleo de robots educativos contribuye en gran medida a que el alumnado sea perseverante ante trances en los que deben experimentar la técnica de aprendizaje del ensayo y error, en los que la comunicación con los docentes es primordial, desempeñando un apoyo al alumnado que afecta positivamente en su aprendizaje y les ayuda al desarrollo de una mentalidad tenaz (Krauss y Prottzman, 2016; Sullivan y Bers, 2018; Wang et al., 2020). En ambos cursos -1º y 3º de Educación Infantil- resulta primordial el papel que desempeña la maestra a la hora de alentar e incentivar al alumnado a la hora de la resolución de problemas matemáticos. La interacción de la maestra con los participantes es un aspecto clave para encauzar la comprensión en los estudiantes (Alonso-Tapia y Nieto, 2019). Los resultados obtenidos muestran cómo en edades más tempranas -alumnado de 1º de Educación Infantil- se hace preciso realizar una intervención por parte del maestro con el fin de que los escolares descubran los errores cometidos tanto en la secuenciación de los pasos del problema como en

la programación del robot y las ayudas ofrecidas tienen que ser más explícitas que con el alumnado más mayor -3º de Educación Infantil-.

El análisis de coordenadas polares, considerando como conductas *given* a las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas *target* a las correspondientes a la dimensión “paso retirado”, muestra las posibilidades que ofrecen a los escolares el empleo de robots educativos programables para realizar propuestas de programación por bloques y llevar a cabo una auto-evaluación del plan establecido (Bers, 2008; Diago et al., 2018).

Tabla 13. Tabla resumen para facilitar la comparativa de los vectores del análisis de coordenadas polares para el alumnado de 1º de Educación Infantil. Conductas focales: dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”. Conducta condicionada: dimensión “paso retirado”.

Step	Díada focal- condicionada	Cuad rante	Z _{sum} pros	Z _{sum} retro	Long itud	Ángulo	Step	Díada focal- condicionada	Cuad rante	Z _{sum} pros	Z _{sum} retro	Long itud	Ángulo
1	NNLD-PA	IV	2.67	-0.59	2.73	347.62	5	NPM-PA	IV	1.14	-3.01	3.22	290.85
1	NNLD-PPE	II	-1.44	1.64	2.18	131.34	5	NPM-PT	II	-0.68	3.67	3.73	100.56
1	NNM-PA	II	-2.05	0.12	2.06	176.63	6	AD-PA	I	2.46	1.07	2.69	23.54
2	GD-PA	II	-1.97	0.36	2.01	169.59	6	AD-PPE	II	-2.52	0.76	2.63	163.29
3	GD-PA	II	-2.69	1.45	3.06	151.6	6	GI-PA	III	-2.71	-0.69	2.8	194.26
3	GD-PT	IV	2.67	-2.1	3.4	321.79	6	GI-PPE	IV	2.9	-0.64	2.97	347.57
3	GI-PT	II	-2.17	0.17	2.17	175.58	6	NNLI-PA	II	-2.47	1.54	2.91	147.99
3	NNLI-PA	I	0.27	2.67	2.68	84.25	6	NNLI-PT	IV	2.8	-0.89	2.93	342.42
3	NNLI-PPE	II	-0.54	2.84	2.89	100.72	6	NNM-PA	IV	3.14	-1.89	3.66	328.99
3	NNLI-PT	IV	0.44	-4.69	4.71	275.34	6	NNM-PT	II	-3.56	1.38	3.81	158.82
3	NNLI-PTI	II	-0.78	1.96	2.11	111.78	6	NPLI-PA	II	-2.47	1.54	2.91	147.99
3	NNM-PA	IV	0.6	-2.4	2.47	284.06	6	NPLI-PT	IV	2.8	-0.89	2.93	342.42
3	NNM-PT	II	-1.42	3.69	3.95	111.13	6	NPM-PA	IV	3.14	-1.54	3.5	333.83
3	NPLI-PA	I	0.56	3.22	3.27	80.07	6	NPM-PT	II	-3.56	0.89	3.66	166.01
3	NPLI-PPE	II	-0.57	2.67	2.73	102.12	7	AT-PUTI	IV	2.38	-0.1	2.39	357.53
3	NPLI-PT	IV	0.18	-4.79	4.79	272.19	7	NNE-PPE	II	-0.52	4.12	4.16	97.17
3	NPM-PA	IV	0.36	-3.43	3.44	275.96	7	NNE-PT	IV	1.95	-2.13	2.89	312.55
3	NPM-PT	II	-1.3	4.49	4.68	106.1	7	NNLI-PA	I	2.29	1.26	2.61	28.76
4	NNLD-PA	I	0.86	4.38	4.46	78.9	7	NNLI-PT	III	-1.92	-2.9	3.48	236.53
4	NNLD-PT	III	-0.86	-4.38	4.46	258.9	7	NNLI-PUTC	I	0.75	3.23	3.31	76.98
4	NNM-PA	III	-0.68	-4.38	4.43	261.12	7	NNM-PA	III	-1.74	-1.52	2.31	221.24
4	NNM-PT	I	0.68	4.38	4.43	81.12	7	NNM-PPE	IV	1.51	-2.81	3.19	298.29
4	NNM-PT	I	0.68	4.38	4.43	81.12	7	NNM-PPE	IV	1.51	-2.81	3.19	298.29
4	NPLD-PA	I	1.14	4.38	4.53	75.35	7	NNM-PT	II	-0.04	3.72	3.72	90.62
4	NPLD-PT	III	-1.14	-4.38	4.53	255.35	7	NNM-PUTC	IV	0.15	-2.46	2.46	273.44
4	NPM-PA	III	-0.97	-4.38	4.48	257.5	7	NPE-PPE	II	-0.52	4.12	4.16	97.17
4	NPM-PT	I	0.97	4.38	4.48	77.5	7	NPE-PT	IV	1.95	-2.13	2.89	312.55
5	GD-PUTC	II	-0.43	2.18	2.23	101.24	7	NPLI-PA	I	2.29	1.76	2.89	37.51
5	NNLI-PA	II	-0.99	3.01	3.16	108.2	7	NPLI-PT	III	-1.92	-3.13	3.67	238.46
5	NNLI-PT	IV	0.23	-3.04	3.05	274.38	7	NPLI-PUTC	I	0.75	3.15	3.24	76.66
5	NNM-PA	IV	1.14	-3.01	3.22	290.85	7	NPM-PA	III	-1.74	-2	2.65	229.03
5	NNM-PT	II	-0.68	3.04	3.11	102.7	7	NPM-PPE	IV	1.51	-2.75	3.13	298.83
5	NPLI-PA	II	-0.99	3.01	3.16	108.2	7	NPM-PT	II	-0.04	3.95	3.95	90.58
5	NPLI-PT	IV	0.23	-3.67	3.68	273.62	7	NPM-PUTC	IV	0.15	-2.39	2.4	273.53

Tabla 14. Tabla resumen para facilitar la comparativa de los vectores del análisis de coordenadas polares para el alumnado de 3º de Educación Infantil. Conductas focales: dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”. Conducta condicionada: dimensión “paso retirado”.

Step	Díada focal- condicionada	Cuadrante	Z _{sum} prosp	Z _{sum} retro	Longitud	Ángulo	Step	Díada focal- condicionada	Cuadrante	Z _{sum} prosp	Z _{sum} retro	Longitud	Ángulo
1	NNLD-PA	IV	2.72	-1.04	2.91	339.11	5	NPLI-PA	II	-0.05	3.03	3.03	90.93
1	NNLD-PT	II	-1.12	2.45	2.7	114.61	5	NPLI-PPE	II	-2.22	3.03	3.76	126.28
1	NNLI-PA	II	-1.81	2.01	2.7	131.92	5	NPLI-PT	IV	1.78	-5.33	5.62	288.48
1	NNLI-PPE	I	1.55	2.01	2.54	52.36	5	NPLI-PTI	I	1.49	1.8	2.34	50.35
1	NNLI-PT	IV	0.92	-2.42	2.59	290.72	5	NPM-PA	IV	0.42	-2.71	2.74	278.72
1	NNM-PTI	I	0.68	2.11	2.22	72.26	5	NPM-PPE	IV	2.41	-3.68	4.4	303.27
1	NPLI-PA	II	-1.79	1.26	2.19	144.88	5	NPM-PT	II	-2.44	5.66	6.17	113.33
1	NPM-PA	IV	1.79	-1.26	2.19	324.88	5	NPM-PTI	III	-1.12	-1.67	2.01	236.06
2	NNLD-PPE	II	-0.48	2.01	2.07	103.5	6	NNLI-PA	I	2.3	0	2.3	0
2	NNM-PPE	IV	0.48	-2.01	2.07	283.5	6	NNLI-PPE	II	-0.35	1.95	1.98	100.14
2	NPLD-PPE	II	-0.48	2.23	2.28	102.24	6	NNLI-PT	III	-0.81	-2.37	2.51	251.05
2	NPM-PPE	IV	0.48	-2.23	2.28	282.24	6	NNM-PA	I	-2.3	0	2.3	0
3	GD-PT	IV	1.09	-1.93	2.22	299.36	6	NNM-PPE	IV	0.35	-1.95	1.98	280.14
3	GI-PT	II	-1.18	1.78	2.14	123.39	6	NNM-PT	I	0.81	2.37	2.51	71.05
3	NNLIPPE	II	-1.23	2.47	2.76	116.36	6	NPLI-PT	III	-0.14	-2.37	2.37	266.54
3	NNLI-PT	IV	2.26	-3	3.75	307.01	6	NPM-PA	I	-2.58	0	2.58	0
3	NNLI-PTI	II	-1.36	2.26	2.64	121	6	NPM-PPE	IV	0.39	-2.18	2.21	280.14
3	NNM-PPE	IV	1.27	-2.47	2.78	297.1	6	NPM-PT	I	0.91	2.65	2.8	71.05
3	NNM-PT	II	-2.34	3	3.8	127.98	7	AT-PPE	II	-0.69	3.3	3.38	101.77
3	NNM-PTI	IV	1.42	-2.26	2.67	302.15	7	GD-PPE	I	0.54	3.26	3.31	80.59
3	NPLI-PPE	II	-1.56	4.09	4.37	110.84	7	GI-PPE	III	-1.18	-2.13	2.43	241.08
3	NPLI-PT	IV	2.86	-4.78	5.57	300.87	7	NNE-PA	II	-0.82	2.15	2.3	110.83
3	NPLI-PTI	II	-1.69	1.94	2.57	131.12	7	NNE-PT	IV	1.43	-1.38	1.99	316.09
3	NPM-PPE	IV	1.6	-4.09	4.39	291.34	7	NNLD-PA	I	1.62	5.18	5.43	72.65
3	NPM-PT	II	-2.94	4.78	5.61	121.57	7	NNLD-PT	IV	0.05	-3.74	3.74	270.75
3	NPM-PTI	IV	1.75	-1.94	2.61	312.15	7	NNLI-PPE	I	2.08	1.46	2.54	35.17
4	NNLD-PPE	II	-1.47	1.95	2.44	126.89	7	NNLI-PT	III	-2.09	-1.44	2.54	214.53
4	NNM-PPE	IV	1.47	-1.95	2.44	306.89	7	NNM-PA	III	-1.35	-4.34	4.54	252.76
4	NPLD-PT	IV	0.59	-1.82	1.91	287.88	7	NNM-PT	I	0.47	4.3	4.32	83.82
4	NPM-PPE	IV	1.65	-1.79	2.43	312.61	7	NPE-PA	II	-0.82	2.15	2.3	110.83
5	NNLI-PA	I	0.13	2.71	2.71	87.35	7	NPE-PT	IV	1.43	-1.38	1.99	316.09
5	NNLI-PPE	II	-2.16	3.46	4.08	122.05	7	NPLD-PA	I	1.62	5.18	5.43	72.65
5	NNLI-PT	IV	1.52	-4.76	5	287.77	7	NPLD-PT	IV	0.05	-3.74	3.74	270.75
5	NNM-PA	IV	0.27	-2.14	2.15	277.15	7	NPLI-PPE	I	1.86	2.08	2.79	48.31
5	NNM-PPE	IV	2.36	-4.32	4.93	298.59	7	NPLI-PT	III	-1.84	-1.87	2.62	225.41
5	NNM-PT	II	-2.23	5.12	5.58	113.52	7	NPM-PA	III	-1.29	-4.2	4.39	252.95

En las Tablas 13 y 14 se presentan dichos resultados con el fin de facilitar el seguimiento de la discusión.

El *step* 1, de ejecución motriz, cuya resolución se alcanza mediante la realización del trayecto con el propio cuerpo, ofrece diferencias en el modo de autocorrección entre ambos cursos. Cuando el alumnado de 1º de Educación Infantil constata el error cometido en la elección de tarjetas, se produce una asociación estadísticamente significativa con la probabilidad de retirada de la tarjeta anterior (PA) al paso realizado, mientras que cuando el

error es constatado por los escolares de 3° de Educación Infantil, la asociación estadísticamente significativa se produce con detectar la tarjeta incorrecta de la secuencia (PTI), retrospectivamente, pudiendo ser la anterior u otra tarjeta seleccionada para la ejecución del recorrido. De este modo, se puede observar cómo los escolares de Educación Infantil van avanzando en su capacidad de descentramiento y van teniendo en consideración diversos aspectos para resolver el problema (Denis, 2017).

Los *steps* siguientes, en los que la ejecución es realizada por el robot de suelo, nos muestran cómo en ambos cursos se dan unos patrones comunes en la conducta *target* de “pasos retirados”. El alumnado, en función de las respuestas ofrecidas por el movimiento del robot, retira la tarjeta o tarjetas que considera incorrecta/as y planifica la secuencia nuevamente. Concretamente, en los *steps* 3 y 5, tanto en 1° de Educación Infantil como en 3° del mismo ciclo, cuando Next se encuentra girado hacia la izquierda respecto a la posición inicial (NPLI) o respecto a la posición del niño (NNLI), cuando hay un paso erróneo existe una asociación estadísticamente significativa con la probabilidad de que los participantes retiren todos los pasos (PT) de la secuencia y comiencen de nuevo. Además esta conducta se repite en los *steps* 4 y 7 en el alumnado de 3° de Educación Infantil y en el *step* 6 en el alumnado más pequeño - 1° Educación Infantil-.

Al estudiante de Educación Infantil le cuesta orientarse tomando una referencia espacial diferente a la propia, para poder dar una respuesta correcta al problema formulado. Si se siguen analizando patrones de conducta similares, los resultados alcanzados en los *steps* 3 y 5, en ambos cursos, reflejan cómo cuando Next se encuentra orientado del mismo modo respecto a la posición inicial (NPM) o respecto a la posición del niño (NNM), provoca en los escolares una reflexión del proceso y un análisis detallado del paso en el que se produce el error, procediendo a retirar las tarjetas erróneas, produciéndose en el alumnado de ambos cursos la retirada del paso anterior (PA). Además, el alumnado de 3° de Educación Infantil es probable

que detecte la tarjeta errónea aun cuando no es la última seleccionada y proceda a retirar el paso incorrecto de la secuencia (PTI) o todas las tarjetas seleccionadas hasta el primer error (PPE). Este mismo modo de proceder se repite en los *steps* 4 y 7 para los escolares de 3º de Educación Infantil y en el *step* 6 para los estudiantes de 1º de Educación Infantil. Los resultados muestran la dificultad que supone el *step* 7 para el alumnado del primer curso de Educación Infantil, que señala el atolladero en el que se sumergen los escolares para encontrar los errores cometidos y muestran una activación prospectiva a retirar tarjetas correctas de la secuencia (PUTC) cuando la orientación del robot es la misma que la del niño (NNM) o que su posición inicial (NPM), o cuando la orientación del robot es lateral izquierda (NNLI, NPLI).

Esto nos aporta información muy valiosa respecto al desarrollo del pensamiento computacional en estas edades que nos revela el avance progresivo del alumnado en el avance de las destrezas esenciales que se ven involucradas en el modo de procesar la información y de ejecutar las tareas de modo eficiente (Allan et al., 2010; Wing, 2006).

6.2. Justificación de la propuesta de intervención

El convencimiento de la enorme oportunidad que brinda la incorporación de proyectos de robótica para mejorar el desarrollo del pensamiento computacional en el alumnado de la etapa de Educación Infantil ha llevado al diseño y puesta en práctica de una propuesta de intervención en las aulas de los escolares más pequeños del sistema educativo actual. Todo ello, teniendo como base las investigaciones recientes que avalan la posibilidad de incluir la robótica y el pensamiento computacional en niños de edades comprendidas entre los 3 y los 6 años -2º ciclo de Educación Infantil- (Bers, 2018; Bers et al., 2002; Cejka et al., 2006; Kazakoff et al., 2013) y, atendiendo a la tendencia por parte de diversos países de incluir el pensamiento computacional en los currículos educativos (Balanskat y Engelhardt, 2015; Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2018) entre los que destaca España, con su inclusión

en los nuevos currículos que establece la LOMLOE, tanto en la etapa de Educación Infantil (RD 95/2022) como en la etapa de Educación Primaria (RD 157/2022).

El pensamiento computacional se erige como una destreza fundamental para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en el estudiantado infantil. El empleo de un robot de suelo de direccionalidad programada se presenta como un recurso excelente para efectuar un análisis del proceso del desarrollo del pensamiento computacional de los escolares. El estudio del empleo de tarjetas de dirección y de la planificación de la secuencia aporta información sobre las habilidades de resolución de problemas y se convierte en una herramienta que facilita la organización del proceso de resolución.

La metodología observacional ha permitido realizar un análisis del comportamiento espontáneo y habitual de los estudiantes en su entorno natural (Anguera, 1979; Portell, Anguera, Chacón-Moscoso et al., 2015; Sánchez-Algarra y Anguera, 2013) y ha posibilitado la recogida de una inmensa cantidad de datos de elevado rigor (Arias-Pujol y Anguera, 2017; Del Giacco et al., 2019; García-Fariña et al., 2018).

El sistema de observación diseñado ha permitido efectuar una caracterización de las complicaciones con las que se encuentran los escolares de Educación Infantil en la asimilación del incipiente lenguaje computacional. Los resultados obtenidos ofrecen información relevante para realizar secuencias didácticas adecuadas en Educación Infantil para trabajar la resolución de problemas matemáticos con robots de suelo de direccionalidad programada, ayudando a la mejora de programas educativos encaminados al desarrollo del pensamiento computacional en las escuelas infantiles y en los colegios de Educación Infantil (Bers et al., 2019; Lee et al., 2011).

La intervención diseñada es apropiada para ponerla en práctica en los tres niveles del segundo ciclo de Educación Infantil, ya que los niños de estas edades -3, 4 y 5 años- son capaces de programar proyectos sencillos de robótica con los que poder resolver problemas y

desarrollar el pensamiento computacional. Los retos planteados en la etapa infantil deben secuenciarse incrementando la dificultad -número de giros y número de tarjetas o pasos necesarios- de resolución a medida que el alumnado cursa niveles superiores. En el primer curso los problemas a resolver deben poder descomponerse de modo sencillo para ayudar al alumnado a familiarizarse con los procesos de desarrollo del pensamiento computacional. Es importante dar un impulso a los proyectos robóticos en las aulas de los estudiantes más pequeños y trabajar la codificación como una nueva alfabetización que haga que los estudiantes se familiaricen con este lenguaje (Bers, 2018; Bers et al., 2019).

Capítulo 7. Conclusión

El objetivo general de esta tesis ha sido el de diseñar una propuesta de intervención adecuada al segundo ciclo de Educación Infantil que permita el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en los escolares de estas edades, mediante la introducción de actividades de robótica.

De este modo, la aportación fundamental de este trabajo de investigación se fundamenta en el diseño e implementación de un programa encaminado a desarrollar el pensamiento computacional en el alumnado de la etapa de Educación Infantil. El pensamiento computacional se encuentra en el eje de la innovación educativa convirtiéndose en una destreza esencial para las nuevas generaciones de estudiantes. Prueba de ello es su inclusión en los currículos oficiales que desarrolla la Ley Orgánica 3/2020, el Real Decreto 95/2022 para Educación Infantil y el Real Decreto 157/2022 para Educación Primaria.

Por medio de la trayectoria de resolución de problemas diseñada se ha conseguido desarrollar las habilidades del pensamiento computacional en los escolares de la etapa: a) la descomposición del problema en partes más pequeñas, para así encontrar soluciones más fáciles que con su resolución se consiga solucionar todo el problema en su conjunto; b) el reconocimiento de regularidades ha permitido a los escolares identificar características comunes en los problemas que conllevan a una resolución más eficiente; c) la abstracción ha permitido encontrar características generales relevantes para la resolución del problema, el alumnado ha descubierto la idea general del problema objeto de estudio y se ha centrado, a medida que avanzaba la trayectoria de resolución, en los detalles pertinentes; d) el diseño de algoritmos, ha posibilitado que los estudiantes establezcan los pasos de las operaciones necesarias para resolver los problemas.

El programa de intervención implementado ha posibilitado la mejora de habilidades de resolución de problemas mediante el desarrollo del pensamiento computacional de los escolares de 3 a 6 años de edad -1º, 2º y 3º de Educación Infantil-.

A continuación, se presentan las conclusiones del presente trabajo que han permitido satisfacer los objetivos específicos prefijados en esta tesis doctoral.

1. Realizar una aproximación e identificar los aspectos clave para la elaboración de la propuesta de trayectoria de resolución de problemas matemáticos en Educación Infantil mediante el uso de pensamiento computacional.

Este objetivo específico ha quedado satisfecho en el artículo:

Terroba, M., Ribera, J. M., y Lapresa, D. (2021). Pensamiento computacional en la resolución de problemas contextualizados en un cuento en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 9 (2), 73-92.

El estudio ha supuesto el origen de la propuesta y ha llevado a la concreción del objeto de estudio. Ha aportado conclusiones relevantes sobre el proceso de resolución de problemas matemáticos, mostrando cómo a medida que los estudiantes avanzan en la escolaridad, las fases de planificación y ejecución se vuelven menos impulsivas y más razonadas. Esto nos lleva a considerar que el alumnado de menor edad requiere más tiempo y ayuda para analizar la información y comprender el problema planteado. La información obtenida ha servido para identificar aspectos clave a la hora de elaborar la propuesta definitiva. Se han realizado unas tareas de activación, teniendo en cuenta los resultados hallados, cuya dificultad y número de retos ha ido aumentando de forma progresiva con la edad del alumnado. Del mismo modo, ha servido para fijar el número de intentos y el tiempo permitido para cada *step* de la trayectoria de resolución de problemas diseñada.

2. Presentar una propuesta de una secuencia de resolución problemas de dificultad creciente para el desarrollo del pensamiento computacional mediante el empleo de un robot de suelo de direccionalidad programada.

Este objetivo específico ha quedado satisfecho en el artículo:

Terroba, M., Ribera, J.M. y Lapresa, D. (2021). Cultivando el talento matemático en Educación Infantil mediante la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del pensamiento computacional. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, 28, 65-85. <http://doi.org/10.18172/con.5008>

La trayectoria propuesta presenta un recorrido de resolución de problemas de dificultad creciente que ha permitido a los estudiantes poner en práctica los conocimientos que han ido adquiriendo para resolver los retos más complejos. Los estudiantes han sido capaces de descomponer los problemas en partes más pequeñas para facilitar su resolución y han reconocido los patrones de movimiento y las similitudes entre ellos haciendo uso de la codificación.

3. Analizar la adecuación de la propuesta de resolución de problemas al pensamiento computacional del alumnado de los tres cursos del segundo ciclo de Educación Infantil, a partir de las resoluciones ofrecidas y del tiempo empleado en la resolución de cada uno de los problemas que componen la trayectoria.

Este objetivo específico ha quedado satisfecho en el artículo:

Terroba, M., Ribera, J.M. y Lapresa, D. (2021). Cultivando el talento matemático en Educación Infantil mediante la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del pensamiento computacional. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, 28, 65-85. <http://doi.org/10.18172/con.5008>

La propuesta es adecuada para trabajar en los tres cursos del segundo ciclo de Educación Infantil. El estudio aporta información relativa a la progresiva adquisición de las

habilidades de resolución producida por la comprensión del procedimiento de resolución mediante el pensamiento computacional, mostrando diferencias de resolución en función de la edad de los participantes. El análisis de los resultados obtenidos en los distintos cursos muestra cómo los escolares de mayor edad son más competentes a la hora de realizar resoluciones correctas a los retos planteados y emplean un tiempo menor para determinar su respuesta. El empleo de la robótica y la programación mejora las habilidades de secuenciación, proceso fundamental del pensamiento computacional.

4. Diseñar un sistema de observación del que se aporten evidencias de validez de contenido, fiabilidad y generalizabilidad, que permita el análisis e interpretación de la conducta desplegada en el desempeño de la propuesta de intervención.

Este objetivo específico ha quedado satisfecho en el artículo:

Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D., y Anguera, M. T. (2021). Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en educación infantil. *Revista de Psicodidáctica*, 26 (2), 143-151.

El sistema de observación diseñado aporta evidencias de validez de contenido puesto que permite observar, registrar y analizar las conductas objeto de interés. Los conceptos teóricos se encuentran representados, de manera adecuada, en el instrumento de observación construido (Arnau et al., 1990; Blanco-Villaseñor y Anguera, 2000). El sistema de observación ha alcanzado una alta fiabilidad, obteniendo una consideración de acuerdo “*almost perfect*” -a partir de los valores de referencia clásicos de Landis y Koch (1977)-. Se ha conseguido una elevada precisión de generalizabilidad con el número de alumnos analizados en cada edad. El instrumento de observación diseñado ha permitido la detección de regularidades en el comportamiento, que ha llevado a una comprensión de la secuencia de los pasos realizados por los escolares en cada uno de los problemas propuestos y de su interacción de la maestra,

mostrando las dificultades concretas del alumnado en la asimilación del pensamiento computacional.

5. Caracterizar el pensamiento computacional en el alumnado del primer curso de Educación Infantil, 3 años, durante la resolución de cada uno de los problemas de dificultad creciente que constituyen la propuesta de intervención.

Este objetivo específico ha quedado satisfecho en el artículo:

Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D. y Anguera, M. T. (2021). Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil-3 años mediante una propuesta de resolución de problemas con un robot de suelo de direccionalidad programada. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 21(68).
<http://dx.doi.org/10.6018/red.480411>

Los resultados obtenidos en este estudio han permitido identificar las destrezas del pensamiento computacional en los escolares de 1º de Educación Infantil durante la resolución de los problemas que constituyen la trayectoria de resolución de problemas. El desarrollo de la capacidad espacial ha resultado ser un elemento esencial a la hora de resolver los retos planteados. La intervención de la maestra para incentivar, animar y promover el razonamiento ha sido clave en esta edad.

6. Caracterizar el pensamiento computacional en el alumnado del primer curso de Educación Infantil, 5 años, durante la resolución de cada uno de los problemas de dificultad creciente que constituyen la propuesta de intervención.

Este objetivo específico ha quedado satisfecho en el artículo:

Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D., y Anguera, M. T. (2022). Observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education (5 years old) through an intervention proposal with a ground robot of programmed directionally. *European Early Childhood Education*, online first, 1-19.

Relevante es la realización de este trabajo para caracterizar el proceso de resolución llevado a cabo por los estudiantes mayores de la etapa y comprobar la evolución del pensamiento computacional en el alumnado de Educación Infantil. La capacidad de orientación espacial es mayor que la del alumnado de 3 años y la intervención de la maestra no precisa ser tan explícita como en 1º y 2º de Educación Infantil.

7. Adecuar la propuesta de intervención para cada uno de los cursos de Educación Infantil a partir de los resultados obtenidos.

Dicho objetivo se satisface a partir del estudio comparativo de los resultados obtenidos con los participantes de 1º y 3º de Educación Infantil. Una vez analizados los estudios realizados en los diferentes cursos de la etapa de Educación Infantil, cabe señalar que la propuesta planteada es adecuada para ponerla en práctica en los tres cursos de Educación Infantil. Los estudiantes de 3, 4 y 5 años de edad están capacitados para construir y programar proyectos simples de robótica, a través de los cuales desarrollar las habilidades del pensamiento computacional. El pensamiento computacional implica comprender y resolver problemas y la propuesta de robótica planteada es una excelente forma de introducir dicha destreza en las aulas de Educación Infantil. Los escolares de menor edad necesitan comenzar con retos más sencillos, de fácil descomposición y comprensión, con el fin de introducirlos progresivamente en la codificación y en el pensamiento computacional. El tiempo necesario para razonar cómo interactuará el robot para resolver los retos planteados es mayor en los escolares más pequeños y las ayudas e intervenciones por parte de el/la maestro/a son también más frecuentes. A medida que el alumnado avanza en la escolaridad, se familiariza con los procesos involucrados en el pensamiento computacional y le permite construir aprendizajes significativos.

7.1. Implicaciones para la práctica docente

Con este estudio se ha evidenciado cómo es posible integrar entre el alumnado infantil

la enseñanza de la enseñanza de programación y robótica, además de ser una experiencia gratificante e interesante para estos jóvenes estudiantes (Bers, 2008; Bers et al., 2014), permite desarrollar entre el alumnado sus habilidades de pensamiento computacional (Bers, 2008). La reforma educativa actual implantada por la Ley Orgánica 3/2020, coloca al pensamiento computacional en el eje de la innovación educativa (Bers et al., 2019; Román-González et al., 2015). Mediante el pensamiento computacional se desarrollan destrezas de resolución de problemas mediante estrategias de descomposición, razonamiento y reconocimiento de patrones, abstracción y diseño de algoritmos (Diago et al., 2018; Wing, 2006).

Una de las ventajas de esta intervención es la facilidad para integrarla en las aulas de Educación Infantil, debido a la tendencia en auge de la inclusión de programadores robóticos en el panorama educativo (Fessakis et al., 2013; Kazakoff et al., 2013; Pérez y Diago, 2018). Incluso se puede plantear sin el empleo de robot, tal y como se muestra en la ejecución del *step* 1 de la trayectoria de resolución de problemas.

La propuesta desarrollada aporta información valiosa sobre la implementación del programa y ayuda a comprender la conducta de los escolares en la resolución de problemas matemáticos mediante el desarrollo del pensamiento computacional. Por medio del lenguaje de programación es posible estudiar la organización del proceso de resolución por parte de los estudiantes, las estrategias de descomposición que emplean y el razonamiento lógico. Los resultados obtenidos apuntan a la importancia de introducir al alumnado en actividades que favorezcan el desarrollo del pensamiento computacional con el fin de adquirir destrezas de resolución de problemas que fortalezcan la adquisición de habilidades y competencias necesarias para un óptimo desempeño en la sociedad actual.

La intervención llevada a cabo ha permitido caracterizar el pensamiento computacional en el alumnado de Educación Infantil y ofrecer una idea clara sobre el modo de incorporación del pensamiento computacional en dicha etapa. La complejidad en las tareas debe ser de

dificultad creciente. En 1º de Educación Infantil, las tareas a desarrollar deben ser de sencilla ejecución, con problemas fáciles de descomponer en partes sencillas. La intervención de el/la maestro/a debe ayudar a entender los problemas, animar a resolverlos y fomentar el pensamiento crítico. En 3º de Educación Infantil, los problemas pueden ser más complejos y requerir un nivel más elevado de abstracción. La intervención del profesorado no necesitará ser muy explícita, ya que el alumnado es capaz de descubrir sus propios errores y auto-corregirse, será fundamental para incentivar y motivar la resolución.

7.2. Limitaciones

Los resultados obtenidos de los estudios realizados deben ser interpretados en base a algunas limitaciones.

En primer lugar, todos los participantes procedían de un mismo centro educativo, CEIP la Guindalera, situado en La Rioja. Sería interesante que la muestra fuera de diferentes centros educativos y no sólo de la Comunidad Autónoma de La Rioja.

En segundo lugar, sería atrayente realizar dicho estudio de manera longitudinal, realizando una evaluación y seguimiento en los cursos involucrados a lo largo de la etapa educativa.

7.3. Líneas futuras de investigación

A pesar de las limitaciones señaladas, los trabajos desarrollados arrojan luz sobre el desarrollo del pensamiento computacional en el alumnado de Educación Infantil ofreciendo información sobre el modo de expresarse de los estudiantes de dicha etapa por medio de un lenguaje de programación (Sullivan y Bers, 2016). La investigación futura debería dirigirse al diseño de programas de intervención para el desarrollo de las destrezas del pensamiento computacional que permitan a los estudiantes de estas edades descomponer tareas en otra más

sencillas, formular y comprobar hipótesis, explorar e investigar. El nuevo currículo de Educación Infantil establece como una competencia específica de la etapa “programar secuencias de acciones o instrucciones para la resolución de tareas analógicas y digitales, desarrollando habilidades básicas de pensamiento computacional” (Real Decreto 95/2022, p. 24). El desarrollo del lenguaje de programación, considerado como una nueva alfabetización, se sitúa en el foco de la innovación educativa, en el que el pensamiento computacional cobra especial relevancia, incluyéndose en los planes de estudio de diversos países, con enfoques y niveles diferentes (Balanskat y Engelhart, 2015, Bers et al., 2019). La enseñanza de materias como robótica y programación en la Educación infantil puede ser una experiencia motivadora y gratificante para los escolares más pequeños (Bers, 2008).

El estudio desarrollado aporta luz sobre el modo de incluir actividades que favorezcan el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en el alumnado de Educación Infantil. La idoneidad de la propuesta, unida al renovado interés por la introducción del desarrollo pensamiento computacional en las nuevas generaciones de estudiantes, hace de este estudio un planteamiento innovador que ayuda de manera eficiente a integrar los procesos de pensamiento involucrados en el pensamiento computacional en el currículo educativo desarrollado en nuestro país a partir de la Ley Orgánica 3/2020.

Referencias

- Aho, A.V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
- Allan, W., Coulter, B., Denner, J., Erickson, J., Lee, I., Malyn-Smith, J., y Martin, F. (2010). Computational thinking for youth. *The ITEST Small Working Group on Computational Thinking (CT)*.
- Allison, P.D. y Liker, J.K. (1982). Analyzing sequential categorical data on dyadic interaction: A comment on Gottman. *Psychological Bulletin*, 93, 393-403. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.91.2.393>
- Alonso-Tapia, J. y Nieto, C. (2019). Clima emocional de clase: naturaleza, medida, efectos e implicaciones para la educación. *Revista de Psicodidáctica*, 24(2), 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2018.08.002>
- Amatria, M., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M.T., y Jonsson, G.K. (2017). Detection and selection of behavioral patterns using Theme: a concrete example in grassroots soccer. *Sport*, 5(20), 1-16. <https://doi.org/10.3390/sports5010020>
- Anguera, M.T. (1979). Observational typology. *Quality & Quantity. European- American Journal of Methodology*, 13(6), 449-484. <https://doi.org/10.1007/BF00222999>
- Anguera, M.T. (1997). From prospective patterns in behavior to joint analysis with a retrospective perspective. In *Colloque sur invitation "Méthologie d'analyse des interactions sociales"*. París: Université de la Sorbonne.
- Anguera, M.T. (2003). Observational methods (general). En R. Fernández-Ballesteros (Ed.), *Encyclopedia of psychological assessment*, 2 (pp. 632-637). Sage

- Anguera, M.T. (2005). Registro y análisis de datos al servicio de la comprensión de la complejidad en deportes de equipo. En R. Martín Acero y C. Lago (Eds.), *Deportes de equipo. Comprender la complejidad para elevar el rendimiento* (pp. 133-164). Inde.
- Anguera, M.T. (2008). Diseños evaluativos de baja intervención. En M.T. Anguera, S. Chacón y A. Blanco-Villaseñor (Coords.), *Evaluación de programas sociales y sanitarios: un abordaje metodológico* (pp. 53-184). Síntesis.
- Anguera, M.T. (2010). Posibilidades y relevancia de la observación sistemática por el profesional de la psicología. *Papeles del Psicólogo*, 31, 122-130.
- Anguera, M.T. y Blanco-Villaseñor, A. (2003). Registro y codificación en el comportamiento deportivo. *Psicología del deporte*, 2, 6-34.
- Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A., y Losada, J.L. (2011). Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63-76.
- Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., y Losada, J.L. (2001). Diseños observacionales, cuestión clave en el proceso de la metodología observacional. *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, 3, 135-160.
- Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J.L., y Sánchez-Algarra, P. (2020). Integración de elementos cualitativos y cuantitativos en metodología observacional. *Ámbitos. Revista Internacional de Comunicación*, 49, 49-70.
<https://dx.doi.org/10.12795/Ambitos>
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., Sánchez-Algarra, P. y Onwuegbuzie, A. J. (2018). Revisiting the difference between mixed methods and multimethods: is it all in the name? *Quality and Quantity* 52, 2757–2770. <https://doi.org/10.1007/s11135-018-0700-2>

- Anguera, M.T., Camerino, O., Castañer, M., Sánchez-Algarra, P., y Onwuegbuzie, A.J. (2017). The specificity of observational studies in physical activity and sports sciences: moving forward in mixed methods research and proposals for achieving quantitative and qualitative symmetry. *Frontiers in psychology*, 8, 2196. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02196>
- Anguera, M.T. y Hernández-Mendo, A. (2016). Avances en estudios observacionales de ciencias del deporte desde los mixed methods. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 16(1), 17-30.
- Anguera, M.T. e Izquierdo, C. (2006). Methodological approaches in human communication. From complexity of perceived situation to data analysis. En G. Riva, M.T. Anguera, F. Mantovani y H. Wiederhold, (Coord.), *From communication to presence. Cognition, emotions and culture towards the ultimate communicative experience* (203-222). IOS Press.
- Anguera, M.T., Magnusson, M.S., y Jonsson G.K. (2007). Instrumentos no estándar. *Avances en medición*, 5(1), 63-82.
- 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, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00013>
- Anguera, M.T., Portell, P., Hernández-Mendo, A., Sánchez-Algarra, P., y Jonsson, G.K. (2021). Diachronic analysis of qualitative data. En A.J. Onwuegbuzie and B. Johnson (Eds.), *Reviewer's guide for mixed methods research analysis* (125-139). Routledge.
- Aragón, S., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M.T., y Garzón, B. (2017). An example of the informative potential of polar coordinate analysis: sprint tactics in elite 1500 m track

- events. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 27(1), 26-33.
<http://dx.doi.org/10.1080/1091367X.2016.1245192>
- Arana, J., Lapresa, D., Anguera, M.T., y Garzón, B (2016). Ad hoc procedure for optimising agreement between observational records. *Anales de Psicología*, 32, 589-595.
<https://doi.org/10.6018/analesps.32.2.213551>
- Arias-Pujol, E. y Anguera, M.T. (2017). Observation of interactions in adolescent group therapy: a mixed methods study. *Frontiers in Psychology*, 8, 1188.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01188>
- Arnau, J. (2001). *Diseños experimentales*. Edicions Universitat de Barcelona.
- Arnau, J., Anguera, M.T., y Gómez, J. (1990). *Metodología de la investigación en ciencias del comportamiento*. Murcia: Universidad.
- Bakeman, R. (1978). Untangling streams of behavior: Sequential analysis of observation data. *Observing Behavior*, 2, 63-78.
- Bakeman, R. y Gottman, J.M. (1989). *Observación de la interacción: Introducción al análisis secuencial*. Madrid: Morata.
- Bakeman, R. y Quera, V. (1995). *Analyzing interaction: sequential analysis with SDIS and GSEQ*. Cambridge University Press.
- Bakeman, R., y Quera, V. (2011). *Sequential analysis and observational methods for the behavioral sciences*. Cambridge University Press.
- Balanskat, A. y Engelhardt, K. (2015). Computing our future: Computer programming and coding. *Priorities, school curricula and initiatives across Europe*. European Schoolnet.
- Barron, B., Cayton-Hodges, G., Bofferding, L., Coppole, C., Darling-Hammond, L., y Levine, M. (2011). *Take a giant step: A blueprint for teaching children in a digital age*. The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.

- Bazeley, P. (2009). Integrating data analyses in mixed methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, 3(3), 203-207. <https://doi.org/10.1177/1558689809334443>
- Belasko, M., Herrán, E., y Anguera, M.T. (2019). Dressing toddlers at the Emmi Pikler nursery school in Budapest: caregiver instrumental behavioral pattern. *European Early Childhood Education Research Journal*, 27(6), 972-887. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2019.1678928>
- Benitti, F.B.V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers y Education*, 58(3), 978-988. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Bers, M.U. (2008). *Blocks, robots and computers: Learning about technology in early childhood*. New York: Teacher's College Press.
- Bers, M.U. (2018). *Coding as a playground: programming and computational thinking in the early childhood classroom*. Routledge Press. <https://doi.org/10.4324/9781315398945>
- 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>
- Bers, M.U., González-González, C., y Armas-Torres, M.B. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>
- Bers, M.U., Ponte, I., Juelich, C., Viera, A., y Schenker, J. (2002). Teachers as designers: Integrating robotics in early childhood education. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 14, 123-145.
- Bers, M.U., Seddighin, S., y Sullivan, A. (2013). Ready for robotics: Bringing together the T and E of STEM in early childhood teacher education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 21(3), 355-377.

- Blanco-Villaseñor, A. (1989). Fiabilidad y generalización de la observación conductual. *Anuario de Psicología*, 43(4), 5-32.
- Blanco-Villaseñor, A. (1993). Fiabilidad, precisión, validez y generalización de los diseños observacionales. En M.T. Anguera (Ed.) *Metodología observacional en la investigación psicológica*, 2 (pp. 149-261). P.P.U.
- Blanco-Villaseñor, A. y Anguera, M.T. (1991). Sistemas de codificación. En M.T. Anguera (Ed.) *Metodología observacional en la investigación psicológica*, 1, 93-239. P.P.U.
- Blanco-Villaseñor, A. y Anguera, M.T. (2000). Evaluación de la calidad en el registro del comportamiento: Aplicación a deportes de equipo. En E. Oñate, F. García-Sicilia y L. Ramallo (Eds.), *Métodos numéricos en Ciencias Sociales* (pp. 30-48). Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE).
- Blanco-Villasenor, A. y Escolano-Pérez, E. (2017). Observational data analysis using generalizability theory and general and mixed linear models: an empirical study of infant learning and development. *Annals of Psychology*, 33(3), 450–460. <https://doi.org/10.6018/analesps.33.3.271021>
- Brosterman, N. (1997). *Inventing kindergarten*. Henry N. Abrams.
- Cejka, E., Rogers, C., y Portsmouth, M. (2006). Kindergarten robotics: Using robotics to motivate math, science, and engineering literacy in elementary school. *International Journal of Engineering Education*, 22(4), 711–722.
- Clements, D.H. (1999). Young children and technology. En G.D. Nelson (Ed.) *Dialogue on early childhood science, mathematics, and technology education* (pp. 92-105). American Association for the Advancement of Science.
- Clements, D.H., Battista, M.T., y Sarama, J. (2001). Logo and geometry. *Journal for Research in Mathematics Education Monograph Series*, 10, 1-177. <https://doi.org/10.2307/749924>

- Clements, D.H. y Samara, J. (2002). The Role of Technology in Early Childhood Learning. *Teaching Children Mathematics*, 8(6), 340–343. <https://doi.org/10.5951/TCM.8.6.0340>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37–46.
- Creswell, J.W. y Plano Clark, V.L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage publications.
- Creswell, J.W., Plano Clark, V.L., Gutmann, M.L., y Hanson, W.E. (2003). An expanded typology for classifying mixed methods research into designs. En A. Tashakkori y C. Teddlie (Eds.), *Handbook of mixed methods in social and behavioral research* (pp. 209-240). Sage.
- Cronbach, L.J., Gleser, G.C., Nanda, H., y Rajaratnam, N. (1972). *The dependability of behavioral measurements: theory of generalizability for scores and profiles*. Wiley.
- Csikszentmihalyi, M. y Csikszentmihalyi, I.S. (1998). *Experiencia óptima: estudios psicológicos del flujo en la conciencia*. Desclée de Brouwer.
- Del Giacco, L., Salcuni, S., y Anguera, M.T. (2019). The communicative modes analysis system in psychotherapy from mixed methods framework: introducing a new observation system for classifying verbal and non-verbal communication. *Frontiers in Psychology*, 10, 782. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00782>
- Denis, M. (2017). *Space and spatial cognition: A multidisciplinary perspective*. Routledge.
- Diago, P.D., Arnau, D., y González-Calero, J.A. (2018). La resolución de problemas matemáticos en primeras edades escolares con Bee-bot. [Mathematical problem-solving in early school years with Bee-bot.] *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 1(2), 36-50.

- Drijvers, P., Kieran, C., Mariotti, M.-A., Ainley, J., Andresen, M., Cheung, Y., ..., y Meagher, M. (2010). Integrating Technology into Mathematics Education: Theoretical Perspectives. En C. Hoyles y J.-B. Lagrange (Eds.), *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain* (pp. 89-132). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0_7
- Elkin, M., Sullivan, A., y Bers, M.U. (2014). Implementing a robotics curriculum in an early childhood Montessori classroom. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 13, 153-169.
- Fakis, A., Hilliam, R., Stoneley, H., y Townend, M. (2014). Quantitative analysis of qualitative information from interviews: A systematic literature review. *Journal of Mixed Methods Research*, 8(2), 139-161. <https://doi.org/10.1177/1558689813495111>
- Fernández-Bravo, J.A., (2017). *Enseñar desde el cerebro del que aprende*. Grupo Mayeútica-Educación.
- Fessakis, G., Gouli, E., y Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5-6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers & Education*, 63, 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.016>
- Gabín, B., Camerino, O., Anguera, M.T., y Castañer, M. (2012). Lince: Multiplatform sport analysis software. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>
- García-Fariña, A., Jiménez-Jiménez, F., y Anguera, M. T. (2018). Observation of communication by physical education teachers: detecting patterns in verbal behavior. *Frontiers in Psychology*, 9, 334. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00334>
- Gee, J.P. (2008). *Getting over the slump: Innovation strategies to promote children's learning*. The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.

- Giacconi, V., Perdomo-Díaz, J., Cerda, G., y Saadati, F. (2018). Prácticas docentes, autoeficacia y valor en relación con la resolución de problemas de matemáticas: diseño y validación de un cuestionario. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(3), 99-120. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2351>
- González, O. y Fernández, F. (2004). *Chivos chivones*. Kalandraka.
- Gouws, L.A., Bradshaw, K., y Wentworth, P. (2013). Computational thinking in educational activities: An evaluation of the educational game light-bot. *18th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 10-15, Canterbury, England, United Kingdom. <https://doi.org/10.1145/2462476.2466518>
- Gowen, J.W. (1995). Research in review. The early development of symbolic play. *Young Children*, 50(3), 75-84.
- Haberman, S. J. (1973). The analysis of residuals in cross-classified tables. *Biometrics*, 205-220.
- Hernández-Mendo, A., Anguera, M. T., y Bermúdez, M. A. (2000). Software for recording observational files. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 32 (3), 436-445. <https://doi.org/10.3758/BF03200813>
- Hernández-Mendo, A., Blanco-Villaseñor, A., Pastrana, J.L., Morales-Sánchez, V., y Ramos-Pérez, F.J. (2016). SAGT: aplicación informática para análisis de generalizabilidad. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 77-89.
- Hernández-Mendo, A., López, J. A., Castellano, J., Morales-Sánchez, V., y Pastrana, J.L. (2012). Hoisan 1.2: Programa informático para uso en metodología observacional. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 12(1), 55-78.
- Hoyles, C. y Lagrange, J.B. (Eds.). (2010). *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain: The 17th ICMI Study*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0>

- Hughes, M. y Franks, I.A. (2004). *Notational analysis of sport. Systems for better coaching and performance in sport*. London: Routledge.
- Jenkins, H., Clinton, K., Purushotma, R., Robison, A., y Weigel, M. (2006). *Confronting the challenges of participatory culture: Media education for the 21st century. An Occasional Paper on Digital Media and Learning*. The John D. and Catherine MacArthur Foundation.
- Jiménez-Gestal, C., Berciano, A., y Salgado, M. (2019). Cómo trabajar la orientación espacial de modo significativo en Educación Infantil: implicaciones didácticas. [How to develop spatial orientation skill in a meaningful context in Early Childhood Education: didactical implications.] *Educación Matemática*, 31(2), 61-74. <http://doi.org/10.24844/EM3102.03>
- Johnson, R.B., Onwuegbuzie, A.J., y Turner, L.A. (2007). Toward a definition of mixed methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), 112-133. <https://doi.org/10.1177/1558689806298224>
- Kazakoff, E.R. y Bers, M.U. (April, 2011). The impact of computer programming on sequencing ability in early childhood. *American Educational Research Association Conference (AERA)*, Louisiana.
- Kazakoff, E.R., Sullivan, A., y Bers, M.U. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245-255. <https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>
- Krauss, J. y Prottzman, K. (2016). *Computational thinking and coding for every student: The teacher's getting-started guide*. Corwin Press.
- Landis, J.R. y Koch, G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>

- Lapresa, D., Anguera, M.T., Alsasua, R., Arana, J., y Garzón, B. (2013). Comparative analysis of T-patterns using real time data and simulated data by assignment of conventional durations: the construction of efficacy in children's basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 321-339. <https://doi.org/10.1080/24748668.2013.11868651>
- Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M.T., y Garzón, B. (2013). Comparative analysis of the sequentiality using SDIS-GSEQ and THEME: a concrete example in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 31(15), 1687-1695. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.796061>
- Lapresa, D., Gutiérrez, I., Pérez-de-Albéniz, A., Merino, P., y Anguera, M.T. (2020). Interacción profesor-alumno-tarea en un programa de desarrollo de capacidades motrices en un adolescente con TEA: un estudio de observación sistemática. *Journal for the Study of Education and Development. Infancia y Aprendizaje*, 1-33. Online first, <https://doi.org/10.1080/02103702.2020.1802148>
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J., y Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *ACM Inroads*, 2(1), 32–37. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929902>
- Lee, K., Sullivan, A., y Bers, M.U. (2013). Collaboration by design: Using robotics to foster social interaction in kindergarten. *Computers in the Schools*, 30(3), 271–281. <https://doi.org/10.1080/07380569.2013.805676>
- Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los Derechos Digitales.
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- Losada, J.L. y Anguera, M.T. (2013). Metodología observacional. En F.J. Sarabia (Ed.), *Métodos de investigación social y de la empresa* (pp. 601-623). Pirámide.

- Magnusson, M.S. (1996). Hidden real-time patterns in intra- and inter-individual behavior. *European Journal of Psychological Assessment*, 12(2), 112-123. <https://doi.org/10.1027/1015-5759.12.2.112>
- Magnusson, M.S. (2000). Discovering hidden time patterns in behavior: T-patterns and their detection. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 32(1), 93-110. <https://doi.org/10.3758/bf03200792>
- Magnusson, M.S. (2005). Understanding Social Interaction: Discovering Hidden Structure with Model and Algorithms. En Anolli, L., Duncan, S., Magnusson, M.S. y Riva, G. (Eds.), *The hidden structure of interaction: From neurons to culture patterns* (pp. 2-22). IOS Press.
- Manches, A. y Plowman, L. (2017). Computing education in children's early years: A call for debate. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 191-201. <https://doi.org/10.1111/bjet.12355>
- Mercader, J., Presentación, M.J., Siegenthaler, R., Molinero, V., y Miranda, A. (2017). Motivación y rendimiento académico en matemáticas: un estudio longitudinal en las primeras etapas educativas. *Revista de Psicodidáctica*, 22(2), 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2017.05.007>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España (2018). *Programación, robótica y pensamiento computacional en el aula. Situación en España*.
- Mioduser, D. y Levy, S. (2010). Making sense by building sense: Kindergarten children's construction and understanding of adaptive robot behaviors. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(2), 99-127. <https://doi.org/10.1007/s10758-010-9163-9>
- Mioduser, D., Levy, S., y Talis, V. (2009). Episodes to scripts to rules: Concrete-abstractions in kindergarten children's explanations of a robot's behaviors. *International Journal of*

- Technology and Design Education*, 19(1), 15-36. <https://doi.org/10.1007/s10798-007-9040-6>
- Montoro, A. B. y Gil, F. (2011). Concentración y disfrute con actividades matemáticas. En M. Marín et al. (Eds.), *Investigación en educación matemática XV*, 451- 460. SEIEM.
- Moreno-León, J. y Robles, G. (March 18-20, 2015). The Europe Code Week (CodeEU) initiative: Shaping the skills of future engineers. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 561-566. Tallin. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2015.7096025>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- PatternVision Ltd y Noldus Information Technology bv (2004). *Theme, powerful tool for detection and analysis of hidden patterns in behaviour*. Reference manual, version 5.0. Noldus Information Technology bv.
- 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>
- Pifarré, M. y Sanuy, J. (2002). La resolución de problemas entre iguales: incidencia de la mediación del ordenador en los procesos de interacción y en el aprendizaje. *Journal for the Study of Education and Development. Infancia y Aprendizaje*, 25(2), 209-225. <http://doi.org/10.1174/021037002317417831>
- Pólya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton University.
- Pöntinen, S. y Rätty-Záborszky, S. (2020). Pedagogical aspects to support students' evolving digital competence at school. *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(2), 182-196. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1735736>

- Portell, M., Anguera, M.T., Chacón-Moscoso, S., y Sanduvete-Chaves, S. (2015). Guidelines for reporting evaluations based on observational methodology. *Psicothema*, 27, 283-289. <https://doi.org/10.7334/psicothema2014.276>
- Portell, M., Anguera, M.T., Hernández-Mendo, A., y Jonsson, G.K. (2015). Quantifying biopsychosocial aspects in everyday contexts: an integrative methodological approach from the behavioral sciences. *Psychology Research and Behavior Management*, 8, 153-160. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S82417>
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria.
- Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil.
- Resnick, M. (2006). Computer as paintbrush: Technology, play, and the creative society. En D. Singer, R. Golikoff, y K. Hirsh-Pasek (Eds.), *Play = learning: How play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195304381.001.0001>
- Resnick, M. (2013). *Learn to Code, Code to Learn*. EdSurge.
- Resnick, M., Bruckman, A., y Martin, F. (1996). Pianos not stereos: Creating computational construction kits. *Interactions*, 3(6), 41-50. <https://doi.org/10.1145/234757.234762>
- Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., y Silverman, B. (18-23 April, 1998). Digital manipulatives: New Toys to Think With. *CHI '98 conference*, Los Angeles.
- Rogers, C. y Portsmore, M. (2004). Bringing Engineering to Elementary School. *Journal of STEM Education, Innovations and Research*, 5(3), 17-28. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/bringing-engineering-elementary-school/docview/222795467/se-2>

- Román-González, M., Pérez-González, J.C., y Jiménez-Fernández, C. (14-16 de octubre de 2015). Test de Pensamiento Computacional: diseño y psicometría general. *III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad*, Madrid, España (1-6). <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.3056.5521>
- Rushkoff, D. (2010). *Program or be programmed: Ten commands for a digital age*. OR Books. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1952005>
- Sackett, G.P. (1980). Lag Sequential Analysis as a data reduction technique in social interaction research. En D.B. Sawin, R.C. Hawkins, L.O. Walker y J.H. Penticuff (Eds.), *Exceptional infant. Psychosocial risks in infant-environment transactions* (pp. 300-340). Brunner/Mazel.
- Sánchez-Algarra, P. y Anguera, M.T. (2013). Qualitative/quantitative integration in the inductive observational study of interactive behaviour: impact of recording and coding among predominating perspectives. *Quality & Quantity. International Journal of Methodology*, 47(2), 1237-1257. <https://doi.org/10.1007/s11135-012-9764-6>
- Sandelowski, M., Voils, C.I., y Knafl, G. (2009). On quantizing. *Journal of Mixed Methods Research*, 3(3), 208-222. <https://doi.org/10.1177/1558689809334210>
- Santoyo, C., Jonsson, G.K., Anguera, M.T., Portell, M., Allegro, A., Colmenares, L., y Torres, G.Y. (2020). T-pattens integration strategy in a longitudinal study: a multiple case analysis. *Physiology & Behavior*, 222, 112-904. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112904>
- Sarama, J. y Clements, D.H. (2004). Building blocks for early childhood mathematics. *Early Childhood Research Quarterly*, 19, 181-189. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2004.01.014>

- Schoonenboom, J., Johnson, R.B., y Froehlich, D.E. (2018). Combining multiple purposes of mixing within a mixed methods research design. *International Journal of Multiple Research Approaches*, 10(1), 271-282. <https://doi.org/10.29034/ijmra.v10n1a17>
- Shute, V. J., Sun, C., y Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Simon, M.A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145.
- Sinclair, A. (2005). Las matemáticas y la imitación entre el año y los tres años de edad. *Journal for the Study of Education and Development. Infancia y Aprendizaje*, 28(4), 377-392. <http://doi.org/10.1174/021037005774518983>
- 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>
- Tarragó, R., Iglesias, X., Lapresa, D., Anguera, M.T., Ruiz-Sanchís, L., y Arana, J. (2017). Analysis of diachronic relationships in successful and unsuccessful behaviors by world fencing champions using three complementary techniques. *Anales de Psicología*, 33(3), 471-485. <https://doi.org/10.6018/analesps.33.3.271041>
- Terroba, M., Ribera, J.M., y Lapresa, D. (2021a). Pensamiento computacional en la resolución de problemas contextualizados en un cuento en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación matemática en la infancia*, 9(2), 73-92.
- Terroba, M., Ribera, J.M., y Lapresa, D. (2021b). Cultivando el talento matemático en Educación Infantil mediante la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del

- pensamiento computacional. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, 28, 65-85.
<http://doi.org/10.18172/con.5008>
- Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D., y Anguera, M.T. (2021a). Education intervention using a ground robot with programmed directional controls: observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education [Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil]. *Revista de Psicodidáctica*, 26 (2), 143-151.
<https://doi.org/10.1016/j.psicod.2021.03.001>
- Terroba, M., Ribera, J. M., Lapresa, D., y Anguera, M. T. (2021b). Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil-3 años mediante una propuesta de resolución de problemas con un robot de suelo de direccionalidad programada. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 21(68).
<http://dx.doi.org/10.6018/red.480411>
- Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D., y Anguera, M.T. (2022). Observational analysis of the development of computational thinking in Early Childhood Education (5 years old) through an intervention proposal with a ground robot of programmed directionality. *European Early Childhood Education Research Journal*, online first, 1-19.
<https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2055102>
- Valverde, J., Fernández, M.R., y Garrido, M.C. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46(3).
<https://doi.org/10.6018/red/46/3>
- Wang, X.C., Choi, Y., Benson, K., Eggleston, C., y Weber, D. (2020). Teacher's role in fostering preschoolers' computational thinking: An exploratory case study. *Early Education and Development*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1759012>

Weick, K.E. (1968). Systematic observational methods. *The handbook of social psychology*, 2, 357-451.

Wing, J.M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
<http://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>

Anexos



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 convierta 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 maestra 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.

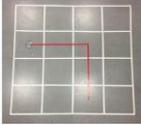
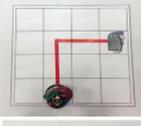
- Problema 1: se realiza con el propio cuerpo en una sesión psicomotora, sobre la cuadrícula marcada en la baldosa, utilizada para las sesiones previas. *"Jugamos a convertirnos en un robot y colocamos las tarjetas que necesitamos para salvar al chivo chivón grande del ogro"*.
- Problema 2: es un problema 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 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
	P2 3 CON	Niño 1	3;10
		Niño 2	3;9
2º Ed. Infantil	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 realiza la 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 es 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. ¡Jo!
- 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 cómo 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: Explicame 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-lñesta, 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

CULTIVANDO EL TALENTO MATEMÁTICO EN EDUCACIÓN INFANTIL MEDIANTE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS PARA FAVORECER EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

Marta Terroba Acha
Juan Miguel Ribera Puchades
Daniel Lapresa Ajamil
Universidad de La Rioja

RESUMEN: Por medio del empleo de un robot de suelo de direccionalidad programada, se ha trabajado una trayectoria de resolución de problemas para el desarrollo del pensamiento computacional. Se ha realizado un análisis de los procesos de pensamiento involucrados en la resolución de problemas cuya solución se puede representar mediante un conjunto ordenado de pasos. La puesta en marcha de este proyecto de programación y codificación en las aulas de 1º, 2º y 3º de Educación Infantil, favorece el desarrollo del razonamiento matemático y de destrezas en la resolución de problemas en los escolares, al tiempo que permite desarrollar las habilidades de pensamiento computacional de los mismos. Los problemas propuestos han planteado retos desafiantes para todos los escolares en general y, para el alumnado de alta capacidad matemática en particular, proporcionando oportunidades únicas de razonamiento y de resolución de problemas. Los resultados obtenidos nos ofrecen información relevante relativa a la evolución de las habilidades del pensamiento computacional a lo largo de la etapa de Educación Infantil.

PALABRAS CLAVE: alta capacidad matemática, trayectoria de resolución de problemas, pensamiento computacional, robótica educativa, Educación Infantil.

PROBLEM RESOLUTION TRAJECTORY FOR THE DEVELOPMENT OF COMPUTER THINKING. FOSTERING MATHEMATICAL TALENT IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION

ABSTRACT: Through the use of a programmed directionality floor robot, a problem-solving trajectory has been worked on for the development of computational thinking. An analysis of the thought processes involved in

problem solving has been performed the solution of which can be represented by an orderly set of steps. The implementation of this programming and coding project in 1st, 2nd and 3rd Early Childhood Education classrooms, fosters mathematical reasoning development and skills in problem resolution in scholars, at the same time that develops the computational thinking skills in them. The proposed problems have set out challenging for all school children in general and, for high mathematical capacity students in particular, providing unique opportunities for reasoning and problem solving. The results obtained provide us with relevant information regarding the evolution of computational thinking skills throughout the Childhood Education Stage.

KEYWORDS: High mathematical capacity, problem solving trajectory, computational thinking, educational robotics, Early Childhood Education.

Recibido: 01/02/2021

Aceptado: 26/05/2021

Correspondencia: Marta Terroba Acha, Departamento de Ciencias de la Educación, Universidad de La Rioja, C/ Luis de Ulloa, 2, 26004. Logroño. Email: marta.terroba@alum.unirioja.es

1. INTRODUCCIÓN

La introducción de la robótica educativa y el pensamiento computacional en las aulas, desde las primeras etapas educativas, está recibiendo un impulso a nivel internacional. Europa está asumiendo un papel activo al respecto y está promoviendo una agenda digital en la que la iniciación a la programación cobra vital importancia, asumida como la alfabetización de hoy en día (Bers et al., 2019; Manches y Plowman, 2017; Moreno-León y Robles, 2015).

La facilidad para acceder a los dispositivos tecnológicos desde edades tempranas y para integrarlos en todos los niveles educativos, permite introducir al alumnado en el lenguaje de la programación de un modo divertido en el que juego y aprendizaje van unidos (Bers, 2018). Entre las ventajas que origina la introducción de la programación en edades escolares cabe destacar el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y de razonamiento matemático. Es por ello que la creación de ambientes tecnológicos de programación se está consolidando en el horizonte educativo (Benton et al., 2017; Clements y Samara, 2002; Hoyles y Lagrange, 2010; Leidl et al., 2017; Pérez y Diago, 2018; Shute et al., 2017; Sullivan y Bers, 2016).

Los proyectos de robótica que se trabajan en las aulas permiten a los estudiantes aprender a programar robots educativos o dispositivos tecnológicos que incluyen sistemas de codificación y se convierten en herramientas de primer orden para potenciar la adquisición de aprendizajes significativos (Terroba et al., 2020). El alumnado debe ser capaz de abstraer el modo de actuación que seguirá el objeto programable, funda-

mentándose en el valor de los códigos incrustados y el efecto que produce su puesta en funcionamiento, desarrollando las destrezas del pensamiento computacional (Lee et al., 2011; Wing, 2006). Desde la primera conceptualización de pensamiento computacional acuñada por Wing (2006), en la que lo define diciendo que el pensamiento computacional “implica la resolución de problemas, el diseño de sistemas y, la comprensión de la conducta humana, haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática” (p. 33), ha habido muchas otras interpretaciones del término, no llegando a un acuerdo sobre una única formulación del mismo (Gouws et al., 2013; Román-González et al., 2015). El pensamiento computacional como medio de resolución de problemas conlleva el empleo de estrategias que el alumnado debe emplear para enfrentarse al problema con la limitación de que tiene que poder ponerse en funcionamiento en entornos tecnológicos (Diago et al., 2018a). Para desarrollar el pensamiento computacional en las aulas no es imprescindible el empleo de ordenadores; elementos tan simples como un lápiz y una hoja pueden ser recursos a emplear para lograrlo (Ribera, 2021). Al codificar los escolares aprenden a desarrollar un plan de acción, identifican patrones de repetición y descubren los fallos en su pensamiento computacional al descubrir que el programa desarrollado no funciona del modo esperado (Diago et al., 2018b; Valverde et al., 2015). El enorme potencial que supone trabajar el pensamiento computacional en las aulas puede relacionarse estrechamente con las fases establecidas por Pólya (1945) en la resolución de problemas: entender el problema, establecer un plan de actuación, ejecutar el plan y evaluar el proceso, puesto que el alumnado debe comenzar con la elaboración de un plan previo de actuación y puede evaluar el plan establecido en función de la respuesta del dispositivo tecnológico (Diago et al., 2018b).

La presente experimentación desarrolla por medio del pensamiento computacional una trayectoria de resolución de problemas matemáticos, contextualizados en un cuento, que debe implementarse con un robot de suelo de direccionalidad programada.

La enseñanza de materias como la robótica o la programación en esta primera etapa educativa en niños de Educación Infantil permiten, entre otros aspectos, desarrollar las habilidades de pensamiento computacional (Bers, 2008). Estudios realizados por diversos autores, señalan cómo las tareas propias de las ciencias de la computación mejoran el desarrollo del razonamiento matemático en los escolares y las destrezas en la resolución de problemas (Clements y Samara, 2002; Hoyles y Lagrange, 2010; Pérez y Diago, 2018). La resolución de problemas se constituye como un indicador del alumnado con alta capacidad matemática. Un elevado porcentaje de expertos centrados en la investigación de la superdotación en matemáticas coinciden en que la resolución de problemas matemáticos es una vía fundamental para caracterizar al alumnado con talento matemático (Castro et al., 2006). Las respuestas dadas a los problemas planteados, permiten detectar a los escolares con talento matemático si se tienen en consideración aspectos como la creatividad en las respuestas dadas o que dichas resoluciones sean de un nivel superior en función de la edad (Butto et al., 2016; Castro et al., 2006). El papel del maestro es fundamental para estimular en el alumnado el deseo de descubrir lo que no sabe y de impulsar acciones que fomenten la creatividad en sus respuestas (Taylor, 1964). Los escolares con talento matemático manifiestan más curiosidad por los retos más complejos, encuentran el quid de la cuestión fácilmente, las respuestas proporcionadas suelen ser originales y no se rinden con facilidad ante la dificultad de los problemas planteados (Freiman 2006).

Los problemas que conforman la trayectoria de resolución de problemas que constituye la experimentación precisan que el alumnado emplee la inteligencia lógica para resolver los problemas, para lo cual resulta esencial su capacidad de razonamiento, de deducción y de abstracción (Etchepare et al., 2011). El contenido de los retos que se presentan requiere de la orientación espacial y lógica de los escolares. Los alumnos con talento matemático poseen una elevada capacidad de planificación, revisión y evaluación de sus actividades intelectuales que constituyen la denominada inteligencia lógica, lo que les habilita para un obtener un mayor rendimiento en las actividades matemáticas desde edades muy tempranas (Ferrándiz et al., 2010; Onrubia et al., 2003; Piñeiro et al., 2018).

Dentro de la trayectoria de la resolución de problemas que se expone, se proponen problemas abiertos, que no tienen una única solución, lo que además de constituirse como un desafío puede permitir desarrollar el potencial del alumnado con alta capacidad. Como indica Johnson (2000), por medio del análisis de los razonamientos que ofrece el alumnado se puede determinar la calidad de su pensamiento y por ende determinar si es talentoso en matemáticas. Las respuestas creativas o respuestas únicas pueden ser indicadores del estudiantado superdotado (Pitta-Pantazi, et al., 2011). La mente matemática de estos estudiantes les permite crear maneras originales para resolver problemas matemáticos (Krutetskii, 1976; Özdemir e Işiksal, 2019).

Greenes (1981) identifica una serie de características para determinar el talento matemático en la resolución de problemas. La resolución de los problemas que componen la propuesta desarrollada requiere de destrezas estrechamente relacionadas con dichas características. La flexibilidad en el manejo de datos queda patente en las diversas estrategias y enfoques utilizados por los escolares para dar respuesta a los problemas de solución abierta, más avanzados en la trayectoria. La capacidad de organización de datos se relaciona con la capacidad del alumnado para organizar la secuencia de instrucciones que servirá para recorrer el camino planificado. La agilidad mental de fluidez de ideas se refleja en los retos con obstáculos que pueden mostrar asociaciones únicas en las respuestas dadas. La originalidad de interpretación se ve en el problema cuya solución es que no hay solución posible. La capacidad de transferir ideas permite comprobar cómo los escolares son capaces de aplicar la información aprendida en los primeros problemas de la trayectoria a los retos de mayor dificultad a medida que avanza la propuesta. La habilidad para generalizar y establecer relaciones se manifiesta explícitamente en lo estudiantes altamente dotados. Los problemas planteados se incluyen dentro de lo que Greenes (1981) denomina problemas de lógica recreativa, que requieren el empleo de la lógica deductiva y se caracterizan por tener varios condicionantes para poder ser resueltos.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo de la propuesta de desarrollo del pensamiento computacional mediante una trayectoria de resolución de problemas matemáticos son: a) Presentar una propuesta de trayectoria de resolución de problemas para el desarrollo del pensamiento computacional mediante el empleo de un robot de suelo de direccionalidad programada. b) Analizar la adecuación de la propuesta de resolución de problemas al pensamiento computacional del alumnado de los tres cursos del segundo ciclo de Educación Infantil, a partir de las resoluciones ofrecidas y del tiempo empleado en la resolución de cada uno de los problemas que componen la trayectoria.

2. MÉTODO

La experiencia que se detalla se ha realizado en el CEIP La Guindalera, colegio de Educación Infantil y Primaria del municipio de Logroño, La Rioja, durante el curso escolar 2019/2020.

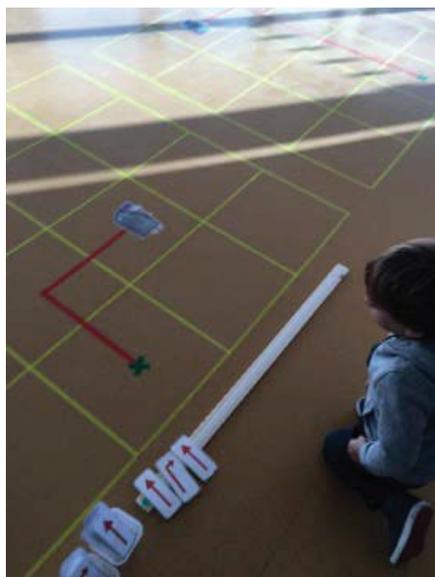
2.1. Participantes

Han participado en el estudio 71 alumnos/as distribuidos de la siguiente manera: 25 alumnos/as de 1º de Educación Infantil, 22 alumnos/as de 2º de Educación Infantil y 24 alumnos/as de 3º de Educación Infantil.

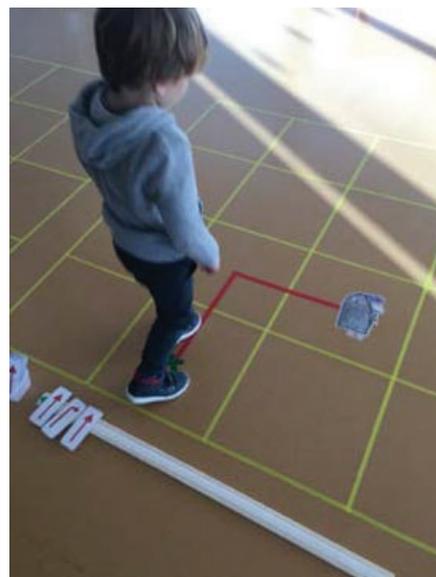
El ensayo realizado consta de dos fases diferenciadas; una primera fase de activación, dirigida a todos los escolares de los grupos-clase, con el propósito de seleccionar la muestra y, una segunda fase, de ejecución de la trayectoria de resolución de problemas, realizada por el alumnado que ha superado la primera fase.

Todos los alumnos matriculados en los cursos de Educación Infantil han intervenido en una primera fase de selección de la muestra. No se ha realizado ningún estudio previo de talento matemático a este alumnado. Para realizar esta selección de la muestra se programaron una serie de tareas denominadas de activación, cuyo proceso de ejecución seguía dos partes diferenciadas: una primera, en la que el alumnado debía seleccionar las tarjetas adecuadas para realizar el recorrido y, una segunda, en la que los escolares tenían que realizar motrizmente el recorrido que indican las tarjetas. En la figura 1 se muestra cómo un alumno de 1º de Educación Infantil realiza la tarea 1 de activación.

Figura 1. *Tarea de activación 1*



Fase de selección de tarjetas

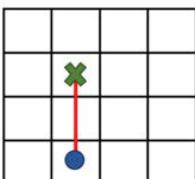
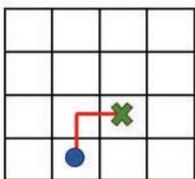
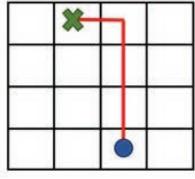
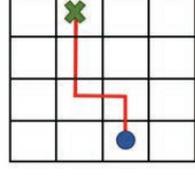
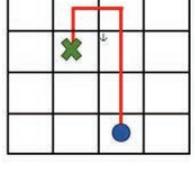


Fase de ejecución motriz

Dichas actividades se ejecutaron motrizmente en la sala de motricidad del centro educativo. Las tareas de activación se componen de varios ejercicios descontextuali-

zados del cuento, enmarcados dentro de una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente, cuya resolución requiere descubrir los pasos necesarios para conseguir llegar por el camino marcado hasta el punto señalado. En el suelo de la sala se dibujaron con cinta aislante, cinco cuadrículas con los cinco recorridos a realizar para superar esta primera fase del estudio. El primer recorrido era un camino recto, el segundo trayecto era un camino corto con un único giro, el tercero era un camino largo con sólo un giro, el cuarto era un camino con doble giro y el último un camino largo con doble giro y orientación opuesta. Atendiendo al desarrollo evolutivo del alumnado en relación con la orientación espacial, las tareas se distribuyeron para cada uno de los cursos. Las tres primeras tareas las ejecutaron los escolares de 1º de Educación Infantil; las cuatro primeras las realizaron los estudiantes de 2º de Educación Infantil; y, las cinco tareas, al completo, las efectuó el alumnado de 3º de Educación Infantil (véase tabla 1).

Tabla 1. *Tareas de activación para la selección de la muestra*

Tarea de activación	Cuadrícula	Actividad a realizar	Pasos del recorrido
Tarea 1		Recorrido a realizar en línea recta	
Tarea 2		Recorrido corto a realizar con un giro	
Tarea 3		Recorrido largo a realizar con un giro	
Tarea 4		Recorrido largo a realizar con dos giros	
Tarea 5		Recorrido largo a realizar con dos giros y orientación espacial opuesta	

De los 71 participantes que realizaron esta fase de selección de la muestra, 34 escolares realizaron correctamente todas las tareas correspondientes a su nivel educativo: 12 de 1º de Educación Infantil (con una media de edad de 3,72 años y una desviación típica de 0,23), 11 de 2º de Educación Infantil (con una media de edad de 4,69 años y una desviación típica de 0,26) y 11 de 3º de Educación Infantil (con una media de edad de 5,62 años y una desviación típica de 0,30) y fueron los que realizaron la trayectoria de resolución de problemas.

Para superar cada una de las tareas era preciso cumplir dos requisitos, que serán también condicionantes determinantes en la fase de experimentación; realizarlo en un número de intentos igual o inferior a tres y que el tiempo total de resolución no superara los cinco minutos. Estos condicionantes se sustentan en la capacidad de atención de los escolares de la etapa de Educación Infantil que va progresando con el transcurso del desarrollo cognitivo de los estudiantes. El tiempo medio de atención para el alumnado de esta etapa, no se recomienda que se alargue más de 30 minutos. La trayectoria se compone de siete problemas, se ha calculado un tiempo máximo de 5 minutos por problema, o un número límite de tres intentos, para que el proceso de resolución total se realice en un tiempo aproximado de media hora.

2.2. Infraestructura y materiales

Cada una de las sesiones que se llevaron a cabo en el aula de desdoble de Educación Infantil del CEIP La Guindalera de Logroño.

Cuento “Chivos chivones”

El cuento de la editorial Kalandraka “Chivos chivones” ha sido el eje motivador sobre el que ha girado todo el estudio. Previo a las sesiones de resolución de problemas la investigadora ha narrado el cuento a los escolares, con el fin de captar el interés del alumnado por resolver los retos planteados. La inclusión de este cuento para formular los problemas de la trayectoria de resolución de problemas ha permitido trasladar a los escolares a un mundo mágico, con personajes fantásticos, en los que se hacía necesaria su ayuda para resolver los retos planteados, cada vez más complicados de ejecutar. Todos los problemas han tenido un objetivo común, salvar a los chivos del ogro malvado que vivía sobre el puente, siguiendo el camino marcado o las indicaciones dadas por la maestra para su resolución.

Robot Next 1.0.

Next 1.0 es un robot de suelo que cuenta con programación direccional en la parte superior. Presenta cuatro comandos de movimientos disponibles: arriba, abajo, derecha e izquierda. También tiene comandos para pausar, borrar y/o comenzar a realizar la secuencia programada (véase tabla 2).

Tabla 2. Comandos e instrucciones

Comando	Instrucción
	Flecha de dirección hacia adelante, el robot Next 1.0 avanza 14 centímetros
	Flecha de dirección hacia atrás, hace que el robot retroceda 14 centímetros
	Flecha de giro a la derecha, hace que el robot gire 90 grados hacia la derecha, pero no efectúa ningún desplazamiento
	Flecha de giro a la izquierda, hace que Next 1.0 gire 90 grados hacia la izquierda, sin efectuar ningún desplazamiento
	Comienzo de la programación
	Pausado del recorrido

Tarjetas de dirección

Para llevar a cabo la programación del robot, se han utilizado tarjetas representativas de los movimientos que es capaz de ejecutar. Los movimientos del robot pueden ser de dos tipos, con desplazamiento y sin desplazamiento. Puede moverse un paso hacia delante y un paso hacia atrás, realizando una trayectoria equivalente a la medida de un cuadrado de las cuadrículas que se describen en el siguiente apartado. Puede realizar giros de 90° sin desplazamiento hacia la izquierda o hacia la derecha. Cada vez que se presiona una tecla en el dispositivo, el robot ejecuta un movimiento. Previo a la introducción de los códigos seleccionados en el robot, los escolares deben idear un plan de acción que ejecute el recorrido correcto para lo cual disponen de tarjetas de dirección. Los alumnos han tenido a su disposición un número suficiente de tarjetas para poder secuenciar el recorrido. Las tarjetas de instrucciones preparadas para la secuencia, son las señaladas en la tabla 3.

Tabla 3. Tarjetas de dirección

Tarjeta	Instrucción
	Tarjeta de dirección hacia adelante
	Tarjeta de dirección hacia atrás
	Tarjeta de dirección de giro hacia la derecha
	Tarjeta de dirección de giro hacia la izquierda

Tablero con cuadrícula blanca

El tablero de cuadrícula blanca tiene un área total de 3136 cm². Está formado por 16 cuadros de 196 cm² cada uno. Cada uno de los cuadrados tiene la misma longitud de lado que el recorrido que realiza el robot cuando se selecciona un desplazamiento.

Sobre el tapete se marcarán diferentes caminos para que Next realice los recorridos. Serán dos los retos que deberán realizar los alumnos en la trayectoria de resolución de problemas, de dificultad creciente. Un primer reto, con un único giro. Un segundo problema, con dos giros.

Tablero con cuadrícula sobre paisaje de montañas

El tablero con cuadrícula sobre paisaje de montañas tiene las mismas dimensiones que el tapete de cuadrícula blanca.

El paisaje dibujado, detallado más adelante en la tabla 4, representa un paisaje del cuento sobre el que gira la resolución de problemas matemáticos “Chivos chivones”.

Muñequeras

Para la resolución de los problemas, se han colocado muñequeras de dos colores al alumnado, verde para la mano derecha y roja para la mano izquierda, con el propósito de ayudar a los escolares con su orientación espacial.

Aula

Todas las actividades se han desarrollado en el aula de apoyo de Educación Infantil, que cuenta con espacio suficiente tanto para la sesión psicomotora, como para las sesiones de robótica.

2.3. Procedimiento

La investigación desarrolla una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente para el desarrollo del pensamiento computacional mediante la utilización de un robot de suelo de direccionalidad programada.

Simon (1995) delimitó el término trayectoria de aprendizaje como un recorrido posible a través de la cual los estudiantes logran avanzar en su aprendizaje. Para configurarla es preciso tener en cuenta tres aspectos fundamentales: el objetivo planteado de aprendizaje, el proceso didáctico de desarrollo detallado y las actividades de enseñanza. Los objetivos planteados han quedado precisados en la introducción del artículo. Tanto el proceso didáctico como las actividades de enseñanza son los aspectos que van a reseñarse a continuación.

Previo a la trayectoria de resolución de problemas, se realizaron diversas actividades con el alumnado con el propósito de que aprendieran los códigos de las órdenes que se emplearían tanto en las tareas de activación como en la secuencia de resolución de problemas.

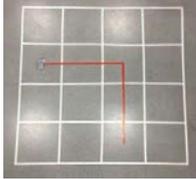
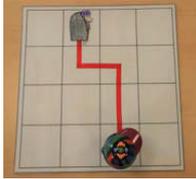
En un primer momento, en la sala de motricidad del centro, se explicaron los cuatro movimientos básicos del procedimiento: pasos hacia delante y hacia atrás con

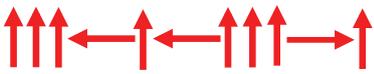
desplazamiento y giros hacia la derecha y hacia la izquierda sin desplazamiento. Se diseñaron unas tarjetas con las cuatro flechas de dirección y se ejecutaron juegos diversos en los cuales había que realizar los movimientos seleccionados. Atendiendo a la orden indicada por la maestra, el alumnado debía ejecutar los movimientos indicados, teniendo en cuenta si dicha consigna implicaba desplazamiento o no. Una vez que se tuvo la certeza de que el alumnado comprendía la diferencia entre giro y desplazamiento se dio por finalizada esta fase de preparación.

Tras la primera fase de selección de la muestra, se pasó a la fase de resolución de problemas englobados en una trayectoria de resolución, compuesta por ocho problemas, un primero con resolución motriz y los siete restantes para resolver utilizando el robot Next 1.0. Los cuatro primeros tienen una solución única, los tres siguientes una solución óptima y el último de ellos es un problema cuya solución es descubrir que no existe un recorrido viable. Por solución única se entiende aquella cuya respuesta ofrecida por los escolares se ajusta a los pasos estrictamente necesarios para recorrer el camino marcado sin salirse del trayecto. La solución óptima se refiere a aquellas respuestas que el alumnado da cumpliendo con los condicionantes marcados en el enunciado del problema, teniendo en cuenta que ésta puede ser diversa. El problema octavo de la trayectoria presenta una encrucijada sin recorrido posible y los estudiantes deben darse cuenta de que no es posible llegar hasta donde se les pide. Las respuestas ofrecidas por el alumnado pueden ser indicadores del talento matemático. Reyes-Santander y Karg (2009), señalan las características que posibilitan una aproximación a las características de los alumnos altamente dotados para las matemáticas, que son susceptibles de valoración en una clase de matemáticas. Dichas cualidades se pueden enmarcar dentro de las siguientes: despunte en el ámbito de la competencia matemática, tenacidad y perseverancia en la ejecución de actividades que les interesan, originalidad en las respuestas o productos y capacidad para generar ideas innovadoras, vanguardistas y abstractas en matemáticas, rendimiento e involucración en las tareas, capacidad de captación y comprensión de ideas complejas y manipulación de la información matemática. La estructura dada a la trayectoria descrita parte del problema motriz como problema uno, puesto que se considera más sencillo en los niños de estas edades partir de su propio cuerpo para resolver problemas de orientación espacial. El problema 2, se posiciona en este lugar puesto que se ha estimado que es el ejercicio más simple para realizar con el robot, debido a que implica un único giro sobre un camino pautado. El problema 3, continúa la trayectoria al ser un problema marcado en la cuadrícula con doble giro. El problema 4, añade la dificultad de no tener el camino marcado, aunque sí obstáculos que indican el camino permitido, supone un nivel más de complejidad dentro del doble giro. Los cuatro últimos problemas de la trayectoria, van incrementando la dificultad del recorrido a realizar y ofrecen diversas soluciones que pueden dar lugar a respuestas creativas y originales e incluso pueden ser respuestas que se encuentren a un nivel más elevado del que les corresponde por edad y ser por tanto indicadores de estudiantes con altas capacidades matemáticas (Castro et al., 2006).

Los problemas, los caminos y la secuencia de resolución se pueden observar en la tabla 4, que refleja la trayectoria de resolución de problemas planificada.

Tabla 4. Trayectoria de resolución de problemas

Step	Problema	Cuadrícula	Secuencia de resolución
Step 1	“Para salvar al chivo chivón grande del ogro vamos a convertirnos en un robot, primero colocamos las tarjetas que necesitamos y después realizamos el recorrido”.		↑ ↑ ← ↑ ↑
Step 2	“Next tiene que ir a salvar al chivo chivón grande por el camino marcado. Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que haga el recorrido”.		↑ ↑ → ↑ ↑
Step 3	“Next tiene que volver a salvar al chivo chivón grande. Ahora el camino es más largo y tiene más giros. Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que lo salve”.		↑ ↑ ← ↑ → ↑
Step 4	“Esta vez, Next tiene que salvar al chivo, pero no puede pasar por las casillas que tienen ogros. Debe recoger primero al pequeño, después al mediano y, finalmente, al grande. Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que los salve”.		↑ → ↑ ← ↑ ↑
Step 5	“Ahora los ogros han desaparecido. Tienes que encontrar el camino para que Next salve a los tres chivos, empezando por el pequeño, siguiendo por el mediano y acabando por el grande. Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que los salve”.		↑ ← ↑ ↑ → ↑ ↑ ★
Step 6	“Sólo queda el chivo pequeño y Next tiene que darse prisa para salvarlo. Debes encontrar el camino más corto para llegar hasta él. Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que lo salve”.		↑ ↑ ↑ ← ↑ ↑ ↑ ★

Step	Problema	Cuadrícula	Secuencia de resolución
Step 7	“Los ogros se han ido a dormir y Next puede entretenerse por el camino para buscar al chivo pequeño. ¿sabrías buscar un camino muy largo? Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que lo salve”.		
Step 8	¡Han vuelto los ogros! Y se han quedado escondidos entre las montañas. ¿Puedes ayudar a Next a encontrar el camino para salvar al chivo pequeño? Piensa las tarjetas que necesitas y después introduce las órdenes en Next para que lo salve”.		

★ Problemas con solución abierta, se muestra un ejemplo de secuencia de resolución.

Durante la primera sesión de la trayectoria de resolución de problemas se explicó el funcionamiento de Next 1.0, los movimientos, los comandos y las tarjetas de dirección, con el propósito de dar la oportunidad al alumnado de manipular el robot y familiarizarse con su uso (Skoumpourdi, 2010). Aunque el dispositivo es bastante sencillo en cuanto a su uso, como indica Szendrei (1996), es primordial que los escolares aprendan su manejo correctamente.

Cada uno de los problemas de la trayectoria precisa, como mínimo, dos pasos para ser resueltos: la elección de las tarjetas del recorrido y la introducción en Next de los códigos seleccionados. En los problemas de solución óptima, también se añade un primer paso consistente en la determinación previa del recorrido que va a hacer el robot con el dedo.

Cada problema debe ser resuelto en un máximo de tres intentos o en un tiempo no superior a cinco minutos. Un intento termina cuando Next llega al punto final de su trayectoria. La eficacia de los intentos depende de su resolución, si Next consigue llegar hasta el chivo chivón siguiendo las condiciones descritas en el enunciado del problema se considera que es resuelto y se da paso al siguiente problema de la trayectoria. Si no se resuelve, debido a que se supera el número de intentos permitidos o el tiempo establecido para la resolución, los escolares pasan al siguiente problema y el anterior queda sin resolver.

La orientación de Next respecto a la posición de partida va variando a lo largo de la resolución. A medida que Next se va desplazando por las cuadrículas puede tener igual orientación que al principio, orientación opuesta o en espejo y orientación lateral, tanto derecha como izquierda. Lo mismo sucede con la posición de Next respecto a la posición del niño. En ambos casos, la necesidad de tener en consideración diversas referencias espaciales a la vez, supone una dificultad para el razonamiento de los escolares al precisar un descentramiento para lograr una resolución correcta al problema (Denis, 2017).

A lo largo de las resoluciones, los estudiantes pueden retirar tarjetas de la secuencia que no conlleven a una respuesta adaptada a la solución posible. Puede ser retirada cualquier tarjeta, correcta, incorrecta, una serie de tarjetas hasta el primer error, la última tarjeta colocada o incluso todas las seleccionadas.

2.4. Intervención de la maestra

La intervención de la maestra se hace fundamental para potenciar el aprendizaje a través de un proceso educativo eminentemente lúdico, las interacciones entre maestra-alumno y alumno-Next desencadenan situaciones creativas de resolución de problemas en el alumnado (Kewalramani et al., 2020). Además, los docentes deben saber motivar e incentivar al alumnado para conseguir resolver los desafíos de aprendizaje (Pöntinen y Rätty-Záborszky, 2020).

El apoyo de la maestra a los niños durante la resolución de los retos o problemas planteados desempeña un papel primordial para la superación de los obstáculos o los errores con los que se van encontrando a lo largo de la trayectoria de resolución, la comunicación y la colaboración juegan un papel imprescindible en la resolución de problemas (Sullivan y Bers, 2018; Wang et al., 2020). La intervención de la maestra ha cumplido unas premisas fundamentales para no condicionar las decisiones tomadas por el alumnado:

- a) No apoya verbalmente para condicionar una respuesta determinada.
- b) No corrige una respuesta errónea. La propuesta está diseñada para que sean los propios alumnos/as los que descubran sus errores y puedan reconducir la situación. Según Pólya (1945), los estudiantes practican la supervisión, considerada la última fase en la resolución de problemas matemáticos, mediante la cual, de manera autónoma, comprueban los planes ejecutados.
- c) No interrumpe las verbalizaciones de los alumnos ni interviene en ellas.
- d) Sí estimula a seguir con la resolución de problemas, animando al final de cada decisión para que sigan y confíen en sus decisiones.
- e) Sí interviene ayudando únicamente en caso de bloqueo por parte de los alumnos. En las ocasiones en las que los estudiantes permanezcan un tiempo sin responder (un minuto o más) y gesticulan sin encontrar respuesta, la investigadora por medio de preguntas, ayuda al análisis de la situación por parte de los alumnos y a seguir con la resolución.
- f) Nunca da la respuesta al problema planteado, sino que prepara a modo de andamiaje la trayectoria a seguir para su resolución.
- g) Un problema se da por no solucionado si hay tres intentos fallidos o el alumnado tarda más de cinco minutos en comenzar el último intento de resolución. En ese caso se pasará al siguiente problema de la trayectoria de resolución de problemas.

La maestra, dicho lo anterior, interviene estrictamente para animar y fomentar la respuesta al problema planteado, en ningún momento su intervención condiciona las resoluciones (véase figura 2).

Figura 2. Esquema de la intervención de la maestra



2.5. Análisis de los datos

Con el fin de establecer la existencia de asociación entre el criterio edad y el criterio acierto en cada *step*, se ha recurrido a la prueba χ^2 . Una vez determinada la asociación entre el grupo de edad y el cumplimiento o no de un determinado *step*, el interés se centra en analizar la dirección de la asociación, positiva o negativa, a través del análisis de los residuos ajustados; este análisis contrastará entre qué edades hay más posibilidad de acertar o errar un determinado *step* (Haberman, 1973).

Por otro lado, para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de edad en lo relativo al tiempo empleado para la resolución del conjunto de los *steps*, así como en cada uno de ellos, se recurre a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, ya que la selección de la muestra no se ha realizado aleatoriamente. En el caso de concluirse que el tiempo empleado en al menos uno de los grupos es significativamente diferente de los demás, se procede a realizar un contraste entre pares de grupos a través de la prueba U de Mann-Whitney, para constatar entre qué parejas hay diferencias y el sentido de esta diferencia (Carver y Nash, 2006).

3. RESULTADOS

3.1. Resultados de las resoluciones ofrecidas por cursos

A continuación, se presenta en la tabla 5, la proporción de participantes por grupo de edad que cumplimentan con éxito cada uno de los *steps* que constituyen la trayectoria de problemas.

Tabla 5. *Proporción de participantes por grupo edad que cumplimentan cada uno de los steps de la trayectoria de resolución de problemas*

Step	1º EI	2º EI	3º EI
S1	12/12	11/11	11/11
S2	10/12	11/11	11/11
S3	8/12	9/11	11/11
S4	6/12	9/11	11/11
S5	5/12	11/11	10/11
S6	9/12	11/11	11/11
S7	1/12	6/11	4/11
S8	7/12	9/11	11/11

Un análisis global, a través de la prueba χ^2 de Pearson, muestra que existe asociación entre el criterio grupo de edad y los criterios: *step 4* ($\chi^2= 8.233$; $gl=2$; $p=.016$); *step 5* ($\chi^2= 11.066$; $gl=2$; $p=.004$); y *step 6* ($\chi^2= 6.032$; $gl=2$; $p=.049$). En concreto, un análisis de residuos corregidos (Haberman, 1973), indica que los participantes de 1º de Educación Infantil es probable que no acierten el *step 4* ($r=2.7$), mientras los participantes de 3º de Educación Infantil es probable que lo superen ($r=2.2$); que los participantes de 1º de Educación Infantil es probable que no acierten el *step 5* ($r=3.2$), mientras que el grupo de 2º de Educación Infantil es probable que lo superen ($r=2.4$); y que los participantes de 1º de Educación Infantil es probable que no superen el *step 6* ($r=2.5$).

3.2. Resultados relativos al tiempo empleado en la resolución por cursos

En la tabla 6 se presentan la media y desviación típica de los tiempos empleados por cada grupo de edad en la resolución de los ocho steps constitutivos de la trayectoria de resolución de problemas.

Tabla 6. *Media y desviación típica de los tiempos, en segundos, empleados por cada grupo de edad en la resolución de los ocho steps constitutivos de la trayectoria de resolución de problemas*

Step	1º Educación Infantil		2º Educación Infantil		3º Educación Infantil	
	Media	Desv. Tip	Media	Desv. Tip	Media	Desv. Tip
S1	241.333	77.759	175.636	56.759	117.454	17.823
S2	344.083	74.266	233.909	75.047	190.818	64.204
S3	314.083	85.361	244.090	104.544	228.363	94.398
S4	400.916	114.618	257.727	45.387	244	73.441
S5	388.583	91.555	261.181	111.054	290.272	74.241
S6	280.083	110.803	198.909	67.423	188.090	60.535

Step	1º Educación Infantil		2º Educación Infantil		3º Educación Infantil	
	Media	Desv. Tip	Media	Desv. Tip	Media	Desv. Tip
S7	446.916	83.191	420.545	65.289	449	51.095
S8	223.083	105.943	158.636	95.078	105.727	28.485

Para determinar si existen diferencias significativas entre los grupos de edad en el tiempo empleado para la resolución del conjunto de los steps, se recurre a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. El resultado ($\chi^2= 39.77$; $p < .001$) señala que el tiempo empleado en al menos uno de los grupos es significativamente diferente de los demás. Para determinar, entre que pares de grupos hay diferencias significativas se ha realizado la prueba U de Mann-Whitney; se constata que los participantes de 1º de Educación Infantil emplean más tiempo en la resolución de los steps que los integrantes de 2º de Educación Infantil (U de Mann-Whitney= 2439.50; $p < .001$) y de 3º de Educación Infantil (U de Mann-Whitney=2166.50; $p < .001$); mientras que no se encuentran diferencias significativas entre los componentes de 2º de Educación Infantil y 3º de Educación Infantil (U de Mann-Whitney=3396.50; $p = .159$).

Si aplicamos la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis al conjunto de los grupos de edad y en cada uno de los steps, comprobamos que existen diferencias estadísticamente significativas en el tiempo empleado para la cumplimentación por step: step 1 ($\chi^2= 19.160$; $gl=2$; $p < .001$), step 2 ($\chi^2= 16.037$; $gl=2$; $p < .001$), step 4 ($\chi^2= 15.842$; $gl=2$; $p < .001$), step 5 ($\chi^2= 8.927$; $gl=2$; $p < .001$), step 6 ($\chi^2= 6.288$; $gl=2$; $p < .001$) y step 8 ($\chi^2= 7.650$; $gl=2$; $p < .001$). Profundizando en el análisis par a par entre grupos de edad, se ha constatado mediante la prueba U de Mann-Whitney las diferencias estadísticamente significativas que se recogen en la tabla 7.

Tabla 7. Diferencias estadísticamente significativas en el análisis par a par entre grupos de edad y por step

Step	1º EI - 2º EI		1º EI - 3º EI		2º EI - 3º EI	
	U de Mann-Whitney	Significación	U de Mann-Whitney	Significación	U de Mann-Whitney	Significación
S1	33.000	.042	2	.000	14.500	.003
S2	19.000	.004	7	.000		
S3	33.000	.042	36.5			
S4	12.000	.001	11	0.001		
S5	23.000	.008	27.5	0.018		
S6			27.5	0.018		
S7			64			
S8			21	0.006		

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El pensamiento computacional se sitúa en el eje de la innovación educativa y la enseñanza de disciplinas como la robótica y el pensamiento computacional se perfila como experiencias cautivadoras en Educación Infantil (Bers et al., 2019; Román-

González et al., 2015). Con la intención de desarrollar las habilidades de pensamiento computacional en el alumnado de Educación Infantil se ha desarrollado la propuesta de trayectoria de resolución de problemas para el desarrollo del pensamiento computacional mediante el empleo de un robot de suelo de direccionalidad programada.

El diseño de propuestas de enseñanza fundamentadas en el uso de robots programables para trabajar la resolución de problemas tiene un enorme potencial para el desarrollo del pensamiento computacional en los escolares, permite la creación de un plan de intervención y la valoración del mismo (Diago et al., 2018b). La trayectoria de resolución de problemas planteada ha presentado un recorrido de resolución de dificultad creciente, posible de realizar, para que los estudiantes prosperen en su aprendizaje (Simon, 1995). Los retos planteados han ido haciéndose cada vez más complejos de resolver, comenzando por problemas con camino marcado y solución única: de un único giro (problemas 1 y 2), de doble giro (problemas 3 y 4), problemas sin recorrido marcado y con más de una solución (problemas 5, 6 y 7) y problema cuya solución era averiguar que no existe solución posible. Los escolares que han participado en la propuesta han sido capaces de aplicar los conocimientos que han ido adquiriendo a lo largo de la puesta en práctica de la trayectoria de resolución de problemas para tratar de resolver los retos más complicados. Dichos retos han implementado la solución con un dispositivo tecnológico, el robot Next 1.0, que ha sido el encargado de realizar el trayecto planificado por los escolares y gracias al cual se ha podido efectuar una evolución del mismo en función de las respuestas ofrecidas por el robot. Los problemas de la trayectoria de resolución han proporcionado información relativa al modo de comprender y resolver problemas de los escolares de Educación Infantil. Los estudiantes han sido capaces de descomponer los problemas en partes más sencillas, seleccionando para ello las tarjetas necesarias para que Next fuera avanzando; además han asimilado los patrones de movimiento en función de las tarjetas y el movimiento del robot, haciendo uso de la codificación para resolver de manera lógica los retos planteados.

La secuencia programada de problemas englobados en una trayectoria de resolución de problemas de dificultad creciente permite a la maestra desarrollar el talento matemático ya que potencia la creatividad en las respuestas dadas por el alumnado (Butto et al., 2016; Taylor, 1964). Los retos de solución abierta (problemas 5, 6, 7 y 8), más complejos en cuanto a resolución, han permitido desarrollar el potencial del alumnado con talento matemático, ya que estos escolares han podido mostrar su curiosidad por los problemas más complicados, han podido descubrir la clave de los problemas con mayor facilidad que el resto de los compañeros, han podido dar respuestas con soluciones alternativas, como en el problema cuya solución era concluir que no tenía solución y han podido mostrar una gran implicación en las tareas, lo que ha conllevado a poder alcanzar un mayor rendimiento en la experimentación (Freiman, 2006). Sírvese de ejemplo de respuesta de un alumno de 1º de Educación Infantil (edad: 3 años, 5 meses y 19 días), que a los 26 segundos de haberle enunciado el problema descubre que “no tiene paso Next” y, sin pedirle una solución alternativa, ofrece una respuesta original alternativa consistente en quitar a uno de los ogros que bloquean el camino a los 56 segundos, la ejecuta y resuelve, dando una solución innovadora, pudiendo ser un indicador de alta capacidad matemática (Castro et al., 2006). La capacidad mostrada por dicho estudiante para generar ideas creativas, es

un indicador del talento matemático (Reyes-Santander y Karg, 2009). Varios son los estudiantes que han demostrado perseverancia en la tarea, involucrándose en la resolución de la trayectoria e incluso generando respuestas creativas, especialmente en el problema sin solución, mostrando características indicadoras de talento matemático. La resolución de problemas matemáticos, en este caso llevada a cabo por medio del pensamiento computacional, es un gran medio para distinguir a los escolares con talento matemático (Castro et al., 2006); además, como señalan Reyes-Santander y Karg (2009), mediante la puesta en práctica de tareas como las descritas, se brinda al profesorado un escenario excepcional para identificar el talento matemático.

El segundo objetivo propuesto pretende analizar la adecuación de la propuesta de resolución de problemas al pensamiento computacional del alumnado de los tres cursos del segundo ciclo de Educación Infantil, a partir de las resoluciones ofrecidas y del tiempo empleado en la resolución de cada uno de los problemas que componen la trayectoria. El estudio de los resultados obtenidos para cada uno de los cursos muestra cómo, a medida que se avanza en edad, los escolares son más capaces de realizar resoluciones correctas a los problemas planteados y necesitan menos tiempo para resolver los problemas, lo que aporta información sobre la progresiva adquisición de las habilidades de resolución inducidas por la comprensión del procedimiento de resolución en Educación Infantil. La integración de la robótica y la programación en las aulas de Educación Infantil provoca un impacto en las habilidades de secuenciación, proceso fundamental del pensamiento computacional (Kazakoff y Bers, 2011; Kazakoff et al., 2013; Wing, 2006).

Para concluir destacar cómo la propuesta de experimentación desarrollada ha permitido analizar el razonamiento matemático de los escolares de Educación Infantil. Además, ha posibilitado realizar un análisis del pensamiento computacional del alumnado mediante la trayectoria de resolución de problemas mostrando diferencias en las habilidades de resolución en función de la edad en los procesos involucrados. Actividades intelectuales innovadoras como las descritas proporcionan retos desafiantes y muy interesantes para el alumnado de Educación Infantil creando un entorno de libertad para expresar respuestas originales y brindan un escenario único para potenciar a los estudiantes con alta capacidad matemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benton, L., Hoyles, C., Kalas, I. y Noss, R. (2017). Bridging primary programming and mathematics: Some findings of design research in England. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3(2), 115-138. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0028-x>
- Bers, M. (2018). *Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom*. Routledge.
- Bers, M., González, C. y Armas, U. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>
- Butto, C., Andrade A. y Lanz M. Y. (2016). Identificación de estudiantes con altas capacidades matemáticas en educación primaria. *Horizontes Pedagógicos*, 18(2), 66-85.

- Carver, R. H. y Nash, J. G. (2006). *Doing data analysis with SPSS*. Boston: Brooks/Cole.
- Castro, E., Benavides, M. y Segovia, I. (2006). Cuestionario para caracterizar a niños con talento en resolución de problemas de estructura multiplicativa. *Faisca: revista de altas capacidades*, 11(13), 4-22.
- Clements, D. H. y Samara, J. (2002). The Role of Technology in Early Childhood Learning. *Teaching Children Mathematics*, 8(6), 340–343.
- Denis, M. (2017). *Space and spatial cognition: A multidisciplinary perspective*. Routledge.
- Diago, P. D., Arnau, D., y González-Calero, J. A. (2018a). 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. (2018b). La resolución de problemas matemáticos en primeras edades escolares con Bee-bot. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 1(2), 36-50.
- Etchepare, G. C., Ortega, R., Pérez, C., Flores, C. y Melipillán, R. (2011). Inteligencia lógica y rendimiento académico en matemáticas: un estudio con estudiantes de Educación Básica y Secundaria de Chile. *Anales de Psicología*, 27(2), 389-398.
- Ferrándiz, C., Prieto, D., Fernández, C., Soto, G., Ferrando, M. y Badía, M. (2010). Modelo de identificación de alumnos con altas habilidades de educación secundaria. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 13(1), 63-74.
- Freiman, V. (2006). Problems to discover and boost mathematical talent in early grades: A challenging situations approach. *The Mathematics Enthusiast*, 3(1), 51-75.
- Gouws, L. A., Bradshaw, K., y Wentworth, P. (2013). Computational thinking in educational activities: An evaluation of the educational game light-bot. En *Proceedings of the 18th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Canterbury, United Kingdom, 10-15.
- Greenes, C. (1981). Identifying the Gifted Student in Mathematics. *The Arithmetic Teacher*, 28(6), 14-17.
- Haberman, S. J. (1973). The Analysis of Residuals in Cross-Classified Tables. *Biometrics*, 29, 205-220.
- Hoyles, C. y Lagrange, J. B. (Eds.). (2010). *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain: The 17th ICMI Study*. New York: Springer.
- Johnson, D. T. (2000). *Teaching mathematics to gifted students in a mixed-ability classroom*. ERIC Clearinghouse on Disabilities and Gifted Education.
- Kzakoff, E. y Bers, M. (2011, April). The impact of computer programming on sequencing ability in early childhood. In *American Educational Research Association Conference (AERA)*, Louisiana: New Orleans.
- Kzakoff, E., Sullivan, A. y Bers, M. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245-255. <https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>

- Kewalramani, S., Palaiologou, I., Arnott, L. y Dardanou, M. (2020). The integration of the internet of toys in early childhood education: a platform for multi-layered interactions, *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(2), 197-213. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1735738>
- Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in school children*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J. y Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *Acm Inroads*, 2(1), 32-37.
- Leidl, K., Bers, M. U. y Mihm, C. (2017). Programming with ScratchJr: a review of the first year of user analytics. In *International Conference on Computational Thinking Education, 2017*. Wanchai, Hong Kong.
- Manches, A. y Plowman, L. (2017). Computing education in children's early years: A call for debate. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 191-201. <https://doi.org/10.1111/bjet.12355>
- Moreno-León, J. y Robles, G. (2015, March). The Europe Code Week (CodeEU) initiative shaping the skills of future engineers. En *2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Tallin, Estonia (pp. 561-566). <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2015.7096025>
- Onrubia, J., Rochera, M. y Barberá, E. (2003). La Enseñanza y el Aprendizaje de las Matemáticas: Una Perspectiva Psicológica. En J. Palacios, A. Marchesi y C. Coll (Eds.), *Desarrollo Psicológico y Educación 1. Psicología Evolutiva* (pp. 453-469). Madrid: Alianza.
- Özdemir, D. A. e İşıksal, M. (2019). Mathematically gifted students' differentiated needs: what kind of support do they need? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1658817>
- 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 y 2), 9-20. <https://doi.org/10.17811/msg.30.1.2018.9-20>
- Piñeiro, J., Ramírez-Uclés, R. y Segovia-Álex, I. (2018). Detección del talento matemático en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación matemática en la infancia*, 6(2), 56-71
- Pitta-Pantazi, D. P., Christou, C., Kontoyianni, K. y Kattou, M. (2011). A model of mathematical giftedness: Integrating natural, creative, and mathematical abilities. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 11(1), 39-54.
- Pólya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton, New Jersey: Princeton University.
- Pöntinen, S. y Rätty-Záborszky, S. (2020). Pedagogical aspects to support students' evolving digital competence at school. *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(2), 182-196. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1735736>
- Ribera, J. M. (2021). Estrategias para la resolución de problemas de matemáticas a través del pensamiento computacional. En F. Navaridas y E. Raya (Eds.), *Formación*

docente y desarrollo profesional del profesorado: Hacia un modelo para la calidad educativa. Madrid: Wolters Kluwer.

- Román-González, M., Pérez-González, J. C. y Jiménez-Fernández, C. (14-16 de octubre de 2015). Test de Pensamiento Computacional: diseño y psicometría general. En *III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad*, Madrid, España (pp. 1-6). <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.3056.5521>
- Shute, V. J., Sun, C. y Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145.
- Skoumpourdi, C. (2010). Kindergarten mathematics with 'Pepe the Rabbit': how kindergartners use auxiliary means to solve problems. *European Early Childhood Education Research Journal*, 18(3), 299-307. <http://dx.doi.org/10.1080/1350293X.2010.500070>
- Sullivan, A. y Bers, M. (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. <http://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- Szendrei, J. (1996). Concrete Materials in the Classroom. En Bishop A.J., Clements K., Keitel C., Kilpatrick J., Laborde C. (eds), *International Handbook of Mathematics Education* vol. 4 (pp. 411-434). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1465-0_12
- Taylor, C. (1964): *Creativity: Progress and potential*. New York: Mc Graw-Hill.
- Terroba, M., Ribera, J. M. y Lapresa, D. (2020). Pensamiento computacional en la resolución de problemas contextualizados en un cuento en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación matemática en la infancia*, 9(2), 73-92.
- Valverde, J., Fernández, M. R., y Garrido, M. C. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *RED-Revista de educación a distancia*, 46(3). <https://doi.org/10.6018/red/46/3>
- Wang, X. C., Choi, Y., Benson, K., Eggleston, C., y Weber, D. (2020). Teacher's role in fostering preschoolers' computational thinking: An exploratory case study. *Early Education and Development*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1759012>
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <http://doi.org/10.1145/1118178.1118215>



Original

Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en educación infantil

Marta Terroba^a, Juan Miguel Ribera^a, Daniel Lapresa^{a,*}, y M. Teresa Anguera^b^a Universidad de la Rioja, España^b Universidad de Barcelona, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 31 de agosto de 2020

Aceptado el 10 de marzo de 2021

On-line el 14 de abril de 2021

Palabras clave:

Pensamiento computacional

Robótica

Educación Infantil

Metodología observacional

T-patterns

R E S U M E N

El presente artículo presenta una propuesta de intervención para el desarrollo del pensamiento computacional en educación infantil, mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada. En el seno de la metodología observacional, se ha diseñado un sistema de observación que permite el análisis e interpretación de la conducta desplegada en el desempeño de la propuesta de intervención. La fiabilidad del sistema de observación se ha garantizado en forma de concordancia interobservadores, calculada a través del coeficiente Kappa de Cohen (1960). En el seno de la teoría de la generalizabilidad, el plan de medida [Categorías] [Steps] / [Participantes] ha permitido constatar una elevada fiabilidad de precisión de generalización de los resultados. La operatividad del sistema de observación ha quedado reflejada en las estructuras regulares de conducta (T-patterns) detectadas -mediante el software THEME-, que han permitido caracterizar dificultades en la asimilación de un lenguaje computacional incipiente relacionadas con la capacidad de orientación espacial y la capacidad de secuenciación del niño -situaciones que implican giro y número de comandos empleados en la secuencia-.

© 2021 Universidad de País Vasco. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Education intervention using a ground robot with programmed directional controls: Observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education

A B S T R A C T

The present work presents an intervention proposal for the development of computational thinking in early childhood education, through the use of a ground robot with programmed directional controls. Within the use of observational methodology, an observation system has been designed that allows the analysis and interpretation of the behavior displayed in the performance of the intervention proposal. The reliability of the observation system has been guaranteed in the form of inter-observer agreement, calculated using Cohen's (1960) Kappa coefficient. Within the theory of generalizability, the measurement plan [Categories] [Steps] / [Participants] has allowed to verify a high precision reliability of the generalization of the results. The operability of the observation system has been reflected in the regular behavior structures (T-patterns) detected -through the THEME software-, which have allowed characterizing difficulties in the assimilation of an incipient computational language related to the ability of spatial orientation and the sequencing capacity of children -situations involving turning and number of commands used in the sequence-.

© 2021 Universidad de País Vasco. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Keywords:

Computation

Robotics

Pre-primary school

Observational methodology

T-patterns

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: daniel.lapresa@unirioja.es (D. Lapresa).

Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil-3 años mediante una propuesta de resolución de problemas con un robot de suelo de direccionalidad programada

Observational analysis of the development of computational thinking in Early Childhood Education -3 years old- through a proposal for solving problems with a ground robot with programmed directionality

Marta Terroba

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

Juan Miguel Ribera

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

Daniel Lapresa

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

M. Teresa Anguera

Universidad de Barcelona. Barcelona, España
tanguera@ub.edu

Resumen

Se presenta una secuencia de problemas de dificultad creciente para desarrollar el pensamiento computacional en el primer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil -3 años- mediante un robot de suelo de direccionalidad programada. En el seno de la metodología observacional se ha conseguido caracterizar la capacidad de pensamiento computacional de los escolares de Educación Infantil-3años, en los diferentes problemas que conforman la propuesta de intervención diseñada. La fiabilidad de los datos, en forma de concordancia inter-observadores, ha sido garantizada mediante el coeficiente Kappa. Un análisis de generalizabilidad avala el muestreo observacional realizado. El desarrollo de las capacidades de organización espacial y autoevaluación del alumno, así como la intervención de la maestra, se han relevado como aspectos claves en la resolución de problemas matemáticos por medio del pensamiento computacional en Educación Infantil-3años.

Palabras clave: pensamiento computacional, Educación Infantil-3 años, robótica educativa, metodología observacional.

Abstract

A sequence of problems of increasing difficulty is presented to develop computational thinking in the first level of the second cycle of Early Childhood Education -3 years- by means of a programmed directionality ground robot. With the use the observational methodology, it has been possible to characterize the computational thinking capacity of Early Childhood Education -3 years old- schoolchildren, in the different problems that make up the intervention proposal designed. The reliability of the data has been guaranteed, in the form of inter-observer agreement, by means of the Cohen's Kappa coefficient. A generalizability analysis supports the observational sampling carried out. The development of the capacities of spatial organization and self-evaluation of the student, as well as the intervention of the teacher, have been revealed as key aspects in the resolution of mathematical problems through computational thinking in Early Childhood Education -3 years old-.

Keywords: computational thinking, Early Childhood Education-3 years, educational robotics, observational methodology.

Introducción

La expresión pensamiento computacional que acuñó Wing (2006) implica la resolución de problemas, el diseño de sistemas, y la comprensión de la conducta humana, haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática, debiendo ser considerada una destreza primordial para el ser humano y resultando fundamental en la resolución de problemas matemáticos. Posteriormente Wing (2008) aclaró que el concepto de pensamiento computacional integra el conjunto de fases de pensamiento incluidas en la resolución de problemas, de manera que los procesos implicados puedan abordarse por herramientas procesadoras de la información. Aho (2012) matizó que el pensamiento computacional incluye todos los procesos implicados en la formulación de problemas y que, por tanto, las soluciones pueden ser representadas en forma de pasos y algoritmos. De esta forma, el pensamiento computacional permite definir, comprender y resolver problemas mediante el uso de conceptos propios de la informática (Bers et al., 2019).

En los últimos años, el pensamiento computacional se ha convertido en una cuestión clave de la innovación educativa, haciendo de las escuelas entornos de alfabetización tecnológica (Bers et al., 2019; Manches y Plowman, 2017; Zapata-Ros, 2015). En el segundo ciclo de la etapa de Educación Infantil -entre tres y seis años-, se está trabajando para integrar la tecnología en las aulas, convirtiendo la enseñanza de la robótica y de la programación en materias accesibles y satisfactorias para los escolares (Barron et al., 2011; Bers et al., 2014). Los escolares del segundo ciclo de Educación Infantil tienen capacidad suficiente para desarrollar sencillos proyectos de robótica (Cejka et al., 2006; Kazakoff et al., 2013), aprender nociones de programación y desarrollar competencias de pensamiento computacional (Bers, 2008). Resulta de interés conocer las posibilidades que ofrece la robótica y la programación entre escolares más jóvenes en términos de desarrollo cognitivo, motriz y de interacción social (Bers, 2008; Bers et al., 2013; Lee et al., 2013) y, en concreto, en la resolución de problemas matemáticos (Brosterman, 1997; Resnick et al., 1998).

La generación de *Tangible User Interfaces* (Strawhacker y Bers, 2015) aporta múltiples posibilidades para el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil (Bers, 2008; Roger y Porstmore 2004). Está creciendo considerablemente el empleo de estos robots educativos, que permiten introducir lenguajes de programación (Avello et al, 2020; Kazakoff et al., 2013; Sullivan y Bers, 2016), contribuyendo a favorecer en el alumnado procesos de comprensión matemáticos, destrezas en la resolución de problemas y el desarrollo de habilidades de secuenciación (Bers, 2008; Diago et al., 2018; Kazakoff et al., 2013), competencias que tradicionalmente han sido trabajadas en las escuelas infantiles (Kazakoff y Bers, 2011). La integración de robots de suelo de direccionalidad programada se ve facilitada por su carácter intuitivo, que permite a los escolares de Educación Infantil -tres a seis años- caracterizados por un incipiente pensamiento computacional, identificar rutinas, codificar, y reconocer errores de programación cuando el robot no realiza el camino diseñado. De este modo, los estudiantes construyen aprendizajes significativos que les ayudan a resolver situaciones problemáticas reales (Clements y Sarama, 1997; Fessakis et al., 2013; Jiménez-Gestal et al., 2019) por medio de nociones computacionales (Wing, 2006) en un entorno lúdico propicio para avivar la indagación y potenciar el aprendizaje (Mazas et al., 2018).

En el presente trabajo se presenta una propuesta de intervención para el alumnado del primer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil -3 años-, constituida por una secuencia de problemas de dificultad creciente a resolver mediante un robot de suelo de direccionalidad programada. El objetivo de este trabajo consiste en caracterizar el pensamiento computacional en el alumnado del primer curso de Educación Infantil -3 años-, durante la resolución de cada uno de los problemas de dificultad creciente que constituyen la propuesta de intervención.

Método

El presente trabajo se ha desarrollado en el seno de la metodología observacional (Anguera, 1979). El diseño observacional es: nomotético -alumnos de Educación Infantil-3 años que actúan individualmente-; de seguimiento inter e intra-sesional -se registran las conductas objeto de estudio *frame a frame* a lo largo de la realización de los siete *steps* que constituyen la propuesta de resolución de problemas-; y multidimensional -lo que configura los diferentes criterios del instrumento de observación-. El grado de perceptividad es total (observación directa) en unas dimensiones, y parcial (observación indirecta) en otras (Anguera et al., 2018). La observación es participante, puesto que el primer autor del trabajo interactúa con los participantes.

Participantes

En el presente trabajo se ha realizado un muestreo intencional. Los participantes han sido 25 alumnos/as de la clase de Educación Infantil-3 años del CEIP La Guindalera (Logroño, España). La edad de los 12 participantes que superaron la prueba de selección y han realizado la propuesta de intervención se corresponde con una media de 3,64 años y una desviación típica de 0,19. El presente trabajo cuenta con los consentimientos informados pertinentes y con la aprobación del Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de La Rioja (expediente CE-08-2020).

Instrumento de observación

El instrumento de observación ha sido elaborado *ad hoc* (Terroba et al, 2021). Es una combinación de formato de campo y sistemas de categorías (tabla 1), ya que en cada uno de los criterios del instrumento se han anidado sistemas de categorías que cumplen las condiciones de exhaustividad y mutua exclusividad (Anguera, 2003).

Tabla 1. Estructura resumida del instrumento de observación: criterios, categorías y códigos

Criterios	Sistemas de categorías y códigos
Step	Step 1(TP1), step 2(TP2), step 3(TP3), step 4(TP4), step 5(TP5), step 6(TP6), step 7(TP7)
Fase	Determinación del recorrido previo(DPR), elección de tarjeta(ET), movimiento asociado del robot a la elección de tarjetas(MANET), motriz(MTRZ), introducción en Next(IN)
Intento intra-fase	Intento primero(I1), intento segundo(I2), intento tercero(I3)
Eficacia intento/fase	Resuelve(R), no resuelve(NR), concuerda con la fase de tarjetas pero no resuelve(CFT), resuelve pero no concuerda con la determinación previa del recorrido(RNDP)
Paso	Primer paso(P1)...vigésimocuarto paso (P24)
Información espacial del paso	Adelante(AD), atrás(AT), izquierda(GI), derecha(GD)
Orientación del robot respecto a la posición inicial	Misma orientación(NPM), lateral izquierda(NPLI), lateral derecha(NPLD), en espejo(NPE)
Orientación del robot respecto al niño	Misma orientación(NNM), lateral izquierda(NNLI), lateral derecha(NNLD), en espejo(NNE)
Adaptación de la conducta al problema planteado	Adaptativa(ADAP), no adaptativa(NOAD)
Tarjeta retirada	Anterior(PA), hasta primer error(PPE), todas(PT), tarjeta incorrecta de la secuencia(PTI), una tarjeta incorrecta de la secuencia(PUTI), una tarjeta correcta de la secuencia(PUTC)
Instrucción de la maestra	Promueve el razonamiento(MRR), reconduce ante inacción(MRI), fija el error con una pregunta(MFE), manifiesta explícitamente el error cometido pero no da la respuesta(MENR), manifiesta explícitamente el error cometido y da la respuesta(MEYR)

Procedimiento

En primer lugar, se desarrolló una prueba de selección constituida por tres tareas básicas a realizar de forma motriz, cuya resolución correcta permitiera garantizar que los participantes tuvieran una capacidad de organización espacial y de resolución de problemas suficiente para afrontar la propuesta de intervención al completo: 1) problema de recorrido en línea recta; 2) recorrido con pocos pasos y con un giro; 3) recorrido con mayor número de pasos y con un giro. Las habilidades de secuenciación de pasos mostradas en las tareas de la prueba de selección no requieren de la abstracción necesaria en la resolución de problemas posteriores. Del total de los 25 participantes, 12 resolvieron de forma correcta las tres tareas propuestas y accedieron a la propuesta de intervención, formada por siete problemas, diseñados a modo de *steps* de dificultad creciente (véase Tabla 2). En el primero de ellos es el niño el que realiza el recorrido de forma motriz en una cuadrícula de tamaño apropiado a sus posibilidades de desplazamiento. En el resto de los *steps* el problema se resuelve mediante el robot de suelo de direccionalidad programada, requiriendo unos niveles superiores de abstracción (Wing, 2006). La secuencia avanza en dificultad desde los problemas de un único giro (problema 1 y 2) y de doble giro sobre camino marcado (problema 3), llegando a problemas de doble giro sin camino marcado (problemas 4 y 5), para terminar con problemas de solución abierta (problema 6, recorrido corto; y problema 7 de recorrido largo). La secuenciación de los problemas elegida permite a los aprendices incorporar los procedimientos de resolución exitosos y usarlos en planteamientos de mayor dificultad, mejorando sus habilidades de resolución de problemas.

Tabla 2. Estructura de la secuencia de problemas.

Step	Problema	Representación gráfica
Step 1	Recorrido a realizar de forma motriz, realizando los pasos de forma análoga al robot, para llegar hasta el protagonista del contexto simbólico. La fase motriz se realiza en una cuadrícula de tamaño apropiado a las posibilidades de desplazamiento del niño	
Step 2	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. El robot debe recorrer el camino señalado para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 3	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema que incluye con dos giros, para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 4	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. No se presenta el camino marcado. Hay unas condiciones que debe cumplir en su recorrido: recoger por orden al protagonista pequeño, al mediano y al grande. Está prohibido pasar por las casillas en las que hay un peligro	
Step 5	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. No se presenta el camino marcado. Hay unas condiciones que debe cumplir en su recorrido: recoger por orden al protagonista pequeño, al mediano y al grande	

Step 6	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema en el que el robot tiene que recorrer el camino más corto para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	
Step 7	Problema a resolver mediante el robot de suelo de direccionalidad programada. Problema en el que el robot tiene que recorrer el camino más largo para llegar hasta el protagonista del juego simbólico	

La intervención de la maestra juega un papel primordial a la hora de motivar e incentivar al alumnado en la búsqueda de soluciones de la secuencia de resolución de problemas planteada (Pöntinen y Rätty-Záborszky, 2020; Sullivan y Bers, 2018). El protocolo de actuación de la maestra durante el desarrollo de la propuesta de intervención está enfocado a que sean los propios alumnos los que descubran los errores cometidos. El *step* se considera como no resuelto tras tres intentos fallidos, o al emplearse más de cinco minutos en su resolución. Los escolares pasan por todos los *steps* de la propuesta de intervención, aunque no se resuelvan correctamente.

Registro y codificación

Para el registro y la codificación de los 84 paquetes de datos que conforman el muestreo observacional -12 participantes resolviendo los siete *steps* de la propuesta de intervención-, se ha recurrido al *software* LINCE, versión 1.2.1 (Gabin et al., 2012) (véase figura 1).

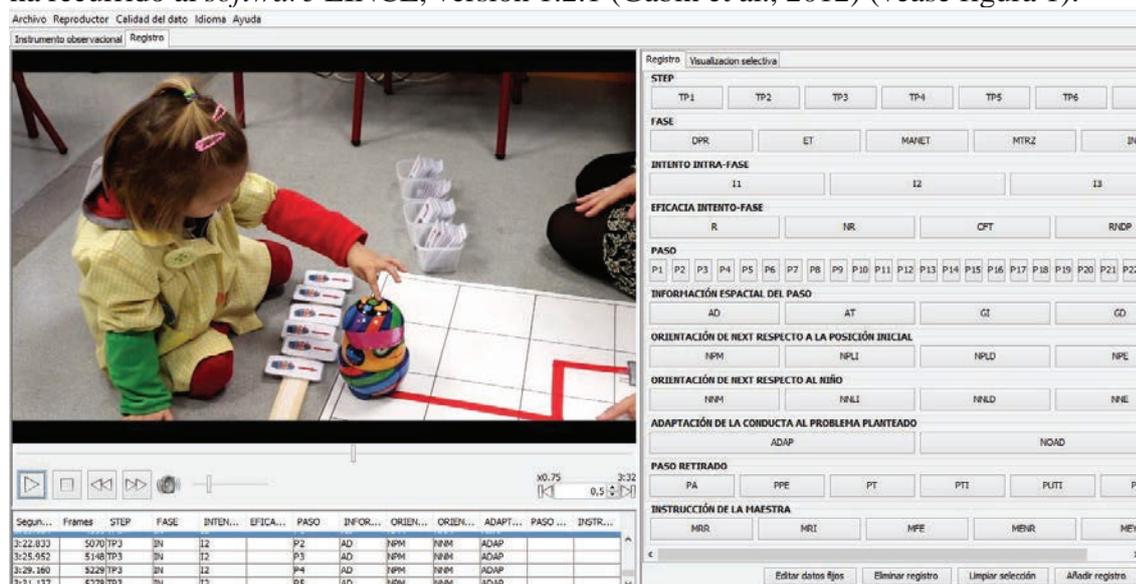


Figura 1. Captura de un momento del registro y codificación del paquete de datos correspondiente a la participante 5, *step* 3, en el *software* LINCE.

De acuerdo con Bakeman (1978) se han registrado datos concurrentes -tal y cómo se desprende del carácter multidimensional del diseño observacional, y de que el instrumento de observación sea una combinación de formato de campo y sistemas de categorías- y tiempo-base (tipo IV). Asimismo, de acuerdo con Bakeman y Quera (1995) el tipo de datos es de multievento.

Calidad del dato

La constancia inter-sesional ha quedado garantizada a partir de la satisfacción, en cada una de las sesiones de observación, de la siguiente lista de mínimos: misma aula, materiales, y

franja horaria de intervención; los participantes utilizan manguitos de colores -verde para la mano derecha y roja para la mano izquierda- para facilitar su organización espacial (véase figura 1).

Fiabilidad de los datos

Para determinar la fiabilidad, en forma de concordancia inter-observadores, se ha recurrido al coeficiente Kappa de Cohen (1960), mediante el programa informático LINCE. Dos han sido los observadores que han realizado el registro y codificación de los datos. Uno de ellos, el primer autor del presente trabajo que ha participado activamente en el desarrollo del sistema de observación. El segundo observador ha seguido un proceso de formación respetando las etapas propuestas por Anguera (2003). El primer observador registró la totalidad del muestreo observacional y el segundo un 16,66% del muestreo observacional -la participación en la propuesta de intervención de dos participantes elegidos al azar-. Los valores del coeficiente Kappa de Cohen, se exponen a continuación -del *step* 1 al 7 de cada participante-: participante 2 (1, 1, 0,99, 1, 0,91, 1 y 1); participante 12: (1, 1, 1, 1, 1, 1 y 0,90).

Generalizabilidad de los resultados

La calidad del dato también se ha abordado en el seno de la teoría de la Generalizabilidad (Cronbach et al., 1972), mediante el *software* SAGT (Hernández-Mendo et al., 2016). Se han dispuesto de forma “cruzada” las facetas Categorías, con 65 niveles -las categorías correspondientes a los criterios variables del instrumento de observación-; *Steps*, con siete niveles; y Participantes, con 12 niveles. En las tres facetas se realiza la estimación para una población infinita. Se ha realizado el plan de medida [Categoría][*Step*]/[Participantes] para evaluar la generalizabilidad de los resultados a partir del número de participantes que han desarrollado la propuesta de intervención (tabla 3).

Tabla 3. Resultados del análisis de generalizabilidad correspondientes al plan de medida [Step][Categoría]/[Participante]

Fuentes de variación	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrado medio	% varianza	Error estándar
[participante]	1096,67	10	109,667	0,161	0,101
[step]	24645,157	6	4107,526	7,228	2,873
[participante][step]	3320,06	60	55,334	1,054	0,153
[categorías]	149481,431	64	2335,647	35,721	5,292
[participante][categorías]	5443,122	640	8,505	0,413	0,071
[step][categorías]	142334,479	384	370,663	46,396	2,426
[participante][step][categorías]	24742,875	3840	6,443	9,029	0,147

El análisis de generalizabilidad muestra como la variabilidad queda asociada a la faceta Categorías (35,72%), y a la faceta de interacción *Step*-Categorías (46,39%). El análisis de los coeficientes de generalizabilidad determina que se consigue una fiabilidad de precisión de generalización (absoluta y relativa) de 0,989. Este resultado permite avalar la homogeneidad de la conducta desplegada por los participantes que constituyen el muestreo observacional.

Análisis de los datos

En el presente trabajo se han aplicado complementariamente dos técnicas de análisis diacrónico de datos, habituales en estudios observacionales, y que comparten como base de su cálculo los residuos ajustados: el análisis secuencial de retardos y de coordenadas polares.

El análisis secuencial de retardos permite contrastar la fuerza de la asociación entre categorías en registros en los que tiene lugar un seguimiento intrasesional (Anguera et al., in press). El análisis secuencial de retardos se ha realizado mediante el *software* GSEQ5 (Bakeman y Quera, 1995) que puede descargarse gratuitamente de <https://www.mangold->

international.com/en/products/software/gseq. Este programa aplica una prueba binomial - corregida mediante la propuesta de cálculo de la Z hipergeométrica de Allison y Liker (1982)- que permite detectar las diferencias estadísticamente significativas existentes entre las probabilidades condicionadas -a partir de las frecuencias observadas- e incondicionadas -a partir de las frecuencias esperadas que indican el efecto del azar-, entre conductas *given* o criterio -la misma categoría que nos interesará como conducta focal en el análisis de coordenadas polares- y conductas *target* o condicionadas. Valores mayores que 1,96 ($p < 0,05$) representan una relación de activación entre la conducta *given* o criterio y la conducta *target* o condicionada, y, consecuentemente, las transiciones menores a -1,96 ($p < 0,05$) una relación de inhibición.

La técnica de análisis de coordenadas polares consigue reducir una importante cantidad de valores -los residuos ajustados correspondientes a la vertiente prospectiva y retrospectiva que la conducta focal tiene respecto a cada conducta condicionada- mediante el parámetro $Z_{sum} = (\sum Z / \sqrt{n})$, introducido por Cochran (1954) y desarrollado por Sackett (1980). Deben contemplarse igual número de retardos prospectivos y retrospectivos; habitualmente de -5 a -1 y de +1 a +5. Una vez calculados los parámetros Z_{sum} prospectivos y retrospectivos correspondientes a cada díada formada por la conducta focal y cada conducta condicionada, se hallan:

a) La longitud del vector: es la distancia entre el origen de coordenadas Z_{sum} (0,0) y el punto de intersección (en abscisas, el valor Z_{sum} prospectivo; y en ordenadas, el valor Z_{sum} retrospectivo); por tanto, la diagonal que configura la longitud del vector se obtiene calculando: $\sqrt{Z_{sum} \text{ prospectivo}^2 + Z_{sum} \text{ retrospectivo}^2}$. Se consideran significativas ($p < 0,05$) longitudes superiores a 1,96.

b) El ángulo del vector: se corresponde con la función trigonométrica arco seno $\varphi = \frac{Z_{sum} \text{ retrospectivo}}{\text{longitud del vector}}$. En función del valor del arco seno φ , cada vector se incorpora en uno de los cuadrantes: cuadrante I ($0 < \varphi < 90$) = φ ; cuadrante II ($90 < \varphi < 180$) = $180 - \varphi$; cuadrante III ($180 < \varphi < 270$) = $180 + \varphi$; cuadrante IV ($270 < \varphi < 360$) = $360 - \varphi$.

Así, cada cuadrante refleja la activación/inhibición-prospectiva/retrospectiva entre la conducta focal y las conductas condicionadas (figura 2). El análisis de coordenadas polares se ve considerablemente facilitado por la implementación de un módulo específico en el *software* HOISAN (Hernández-Mendo et al., 2012), que puede descargarse de forma gratuita desde <https://www.menpas.com>.

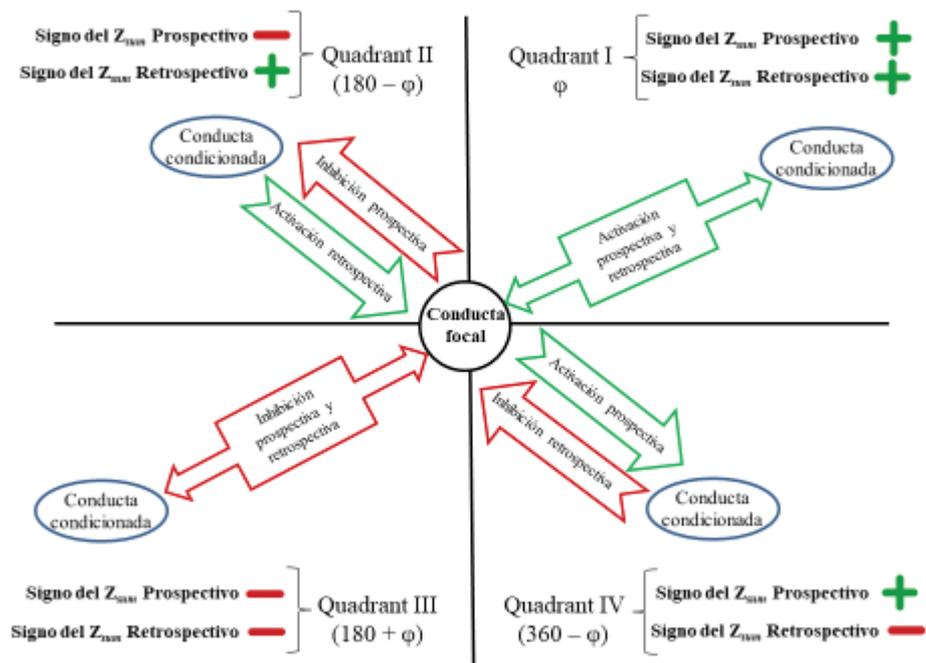


Figura 2: Representación gráfica de las relaciones de activación/inhibición-prospectiva/retrospectiva entre la conducta focal y conducta condicionada en función del cuadrante del mapa de coordenadas en el que se sitúa el vector.

Resultados

Dos han sido los análisis efectuados para satisfacer los objetivos del presente trabajo de investigación. Un análisis secuencial de retardos y un análisis de coordenadas polares (a partir de los resultados del análisis secuencial de retardos). El análisis secuencial de retardos se ha focalizado en el retardo 0, y el análisis de coordenadas polares condensa la información correspondiente a los retardos +1 a +5 y -1 a -5, pero no incorpora el análisis del retardo 0.

El análisis del retardo 0, entre conductas de diferentes dimensiones, refleja la relación de activación o inhibición entre conductas *given* y *targets* correspondientes a eventos intra-fila del registro. Resulta especialmente relevante, en lo relativo al retardo 0, determinar las relaciones de activación e inhibición entre: a) las conductas correspondientes a la dimensión "fase" e "intento intra-fase" (que actúan como conductas *given*), y las conductas correspondientes a las dimensiones "eficacia intento/fase" y "paso retirado" (que actúan como conductas *target*) -véase tabla 4-; b) las conductas correspondientes a las dimensiones "información espacial del paso", "orientación del robot respecto a su posición inicial" y "orientación del robot respecto al niño" (conductas *given*), y las conductas constitutivas de la dimensión "adaptación de la conducta al problema planteado" (conductas *target*) -véase tabla 5-.

Tabla 4: Residuos ajustados estadísticamente significativos por *step* (TP) en el retardo 0 o coocurrencia, siendo las conductas *given* las categorías correspondientes a la dimensión “fase” e “intento intra-fase” (ver filas) y las conductas *target* las categorías de las dimensiones “eficacia intento/fase” y “paso retirado” (ver columnas).

	R	NR	CFT	PA	PPE	PT	PTI	PUTC
DPR	TP5(2,43) TP6(3,1) TP7(5,36)	TP7(-2,06)						
ET	TP6(-2,01)	TP2(3,09) TP3(3,18) TP5(3,28) TP6(4,09) TP7(3,07)		TP1(-2,42) TP3(2) TP6(2,24)		TP3(-2,5)	TP5(2,42)	
MANET		TP3(2,8) TP4(3,33) TP5(2,66) TP7(4)		TP4(3,25) TP5(2,42)	TP6(2,07)	TP4(-3,25) TP5(-2,22) TP7(-3,2)		
MTRZ				TP1(2,42)				
IN	TP7(-2,5)	TP2(-2,85) TP3(-5,15) TP4(-3,74) TP5(-4,23) TP6(-2,58) TP7(-3,71)	TP1(2,09) TP2(3,31) TP3(5,17) TP4(4,1) TP5(4,95) TP6(4,3) TP7(6,45)			TP2(2,58) TP3(3,62) TP4(3,25) TP5(3,03) TP6(2,58) TP7(3,69)		
I1	TP3(-3,34) TP6(2,41)	TP1(2,18)		TP2(2,15) TP3(2,28)		TP5(-2,38) TP7(-2,12)		TP5(2,55)
I2	TP3(2,09) TP6(-2,4) TP7(-2,05)		TP1(2,03)			TP7(2,12)		
I3	TP1(2,98) TP3(1,98) TP4(2,84)	TP1(-2,5)				TP5(2,1)		

Tabla 5. Residuos ajustados estadísticamente significativos por *step* (TP) en el retardo 0 o coocurrencia, siendo las conductas *given* las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”; y las conductas *target* las constitutivas de la dimensión “adaptación de la conducta al problema planteado”.

	Conducta adaptativa (ADAP)	Conducta no adaptativa (NOAD)
AD	TP1(2,42); TP2(4); TP3(2,74); TP4(2,78); TP5(2,03); TP6(2,94)	TP1(-2,42); TP2(-4); TP3(-2,74); TP4(-2,78); TP5(-2,03); TP6(-2,94)
AT	TP2(-2,63); TP3(-3,7); TP4(-2,54); TP5(-2,75); TP6(-2,87); TP7(-3,17)	TP2(2,63); TP3(3,7); TP4(2,54); TP5(2,75); TP6(2,87); TP7(3,17)
GI	TP2(-3,42); TP4(-2,83)	TP2(3,42); TP4(2,83)
GD	TP1(-2,91); TP6(-2,58)	TP1(2,91); TP6(2,58)
NPM	TP2(3,58); TP3(7,18); TP4(5,78); TP5(2,2)	TP2(-3,58); TP3(-7,18); TP4(-5,78); TP5(-2,2)
NPLI	TP2(-2,52); TP3(-4,11); TP4(-5,14)	TP2(2,52); TP3(4,11); TP4(5,14)
NPLD	TP2(-2,63); TP3(-5,48); TP4(-3,95); TP5(-3,63); TP6(-4,5)	TP2(2,63); TP3(5,48); TP4(3,95); TP5(3,63); TP6(4,5)
NPE	TP1(-2,78); TP2(-2,52); TP3(-3,85); TP5(-3,63); TP6(-5,52); TP7(-3,69)	TP1(2,78); TP2(2,52); TP3(3,85); TP5(3,63); TP6(5,52); TP7(3,69)
NNM	TP1(2,94); TP2(3,58); TP3(7,84); TP4(6,09); TP5(3,08)	TP1(-2,94); TP2(-3,58); TP3(-7,84); TP4(-6,09); TP5(-3,08)
NNLI	TP1(-4,59); TP2(-2,52); TP3(-4,75); TP4(-5,14)	TP1(4,59); TP2(2,52); TP3(4,75); TP4(5,14)
NNLD	TP2(-2,63); TP3(-5,48); TP4(-4,24); TP5(-2,25); TP6(-4,5)	TP2(2,63); TP3(5,48); TP4(4,24); TP5(2,25); TP6(4,5)
NNE	TP1(-4,14); TP2(-2,52); TP3(-3,85); TP5(-3,08); TP6(-5,52); TP7(-3,69)	TP1(4,14); TP2(2,52); TP3(3,85); TP5(3,08); TP6(5,52); TP7(3,69)

Los resultados correspondientes al análisis de coordenadas polares permiten condensar la información de los retardos retrospectivos y prospectivos en un único vector, con lo que se facilita la presentación e interpretación de los resultados diacrónicos obtenidos (Lapresa et al., 2020). Resulta relevante el análisis de las coordenadas polares cuyos vectores son significativos en los que: a) como conducta focal se fijan las categorías correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas condicionadas las correspondientes a la dimensión “intervención de la maestra” -véase tabla 6-; b) como conductas focales se señalan las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas condicionadas las correspondientes a la dimensión “paso retirado” -véase tabla 7-.

Tabla 6: Parámetros correspondientes a los vectores significativos del análisis de coordenadas polares, tomando como conductas focales las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas condicionadas las correspondientes a la dimensión “intervención de la maestra”.

Step	Diada focal- condicionada	Cuadrante	Z _{sum} prosp	Z _{sum} retro	Longitud	Ángulo	Step	Diada focal- condicionada	Cuadrante	Z _{sum} prosp	Z _{sum} retro	Longitud	Ángulo
1	AD-MRR	IV	1,95	-1,37	2,39	324,91	6	AD-MRR	IV	2,3	-0,48	2,35	348,13
1	AD-MENR	II	-1,95	1,37	2,39	144,91	6	AD-MENR	IV	0,57	-3,17	3,22	280,16
1	GI-MRR	II	-1,76	1,37	2,23	142,07	6	GI-MRR	II	-2,86	0,4	2,89	171,98
1	GI-MENR	IV	1,76	-1,37	2,23	322,07	6	GI-MENR	IV	2,86	-0,4	2,89	351,98
3	NNLI-MRR	IV	1,57	-3,13	3,51	296,6	7	AD-MRR	I	2,45	0,94	2,62	20,97
3	NNLI-MFE	II	-0,4	2,67	2,69	98,49	7	AD-MFE	II	-2,73	0	2,73	180
3	NNLI-MENR	II	-1,36	1,76	2,22	127,56	7	AD-MENR	III	-1,78	-1,47	2,31	219,51
3	NNM-MRR	II	-2,21	1,79	2,85	140,93	7	GD-MRR	II	-2,79	1,37	3,11	153,8
3	NNM-MENR	IV	1,9	-1,07	2,18	330,55	7	GD-MENR	I	4,35	0,26	4,35	3,41
3	NPLI-MRR	IV	1,57	-3,01	3,39	297,58	7	GI-MRR	III	-1,06	-2,91	3,1	250
3	NPLI-MFE	II	-0,4	2,44	2,47	99,26	7	GI-MFE	I	3,5	1,04	3,65	16,59
3	NPLI-MENR	II	-1,36	1,78	2,23	127,35	7	GI-MENR	II	-1,17	1,88	2,21	121,86
3	NPM-MRR	II	-2,21	1,81	2,86	140,65	7	NNE-MRR	IV	0,25	-2,88	2,89	274,97
3	NPM-MENR	IV	1,9	-1,17	2,23	328,35	7	NNE-MEYR	II	-0,5	2,55	2,6	101,02
4	GI-MFE	IV	3,53	-0,4	3,55	353,49	7	NNLI-MFE	IV	2,31	-0,15	2,31	356,23
4	NNLD-MFE	III	-1,34	-1,77	2,22	232,88	7	NNLI-MENR	II	-2,15	0,26	2,16	173,11
4	NNLD-MENR	I	0,89	2,03	2,22	66,38	7	NNM-MFE	III	-2,24	-0,14	2,24	183,54
4	NNLI-MFE	I	0	2,44	2,44	90	7	NNM-MENR	IV	2,5	-0,08	2,5	358,05
4	NPLD-MFE	III	-1,27	-2,11	2,46	239	7	NNM-MEYR	IV	2,15	-0,25	2,16	353,23
4	NPLD-MENR	I	0,47	1,97	2,03	76,61	7	NPE-MRR	IV	0,25	-2,88	2,89	274,97
4	NPLI-MFE	I	0	2,44	2,44	90	7	NPE-MEYR	II	-0,5	2,55	2,6	101,02
5	NNLI-MRR	IV	0,51	-2,29	2,34	282,45	7	NPLI-MFE	IV	2,31	-0,29	2,33	352,93
5	NNLI-MENR	II	-0,4	2,34	2,38	99,64	7	NPLI-MENR	II	-2,15	0,65	2,24	163,19
5	NNM-MENR	IV	0,4	-1,93	1,97	281,67	7	NPLI-MEYR	III	-1,76	-0,89	1,98	206,91

5	NPLI-MRR	IV	0,72	-3,02	3,1	283,42	7	NPM-MFE	III	-2,24	-0,03	2,24	180,8
5	NPLI-MENR	II	-0,57	3,48	3,53	99,27	7	NPM-MENR	IV	2,5	-0,5	2,54	348,75
5	NPM-MRR	II	-0,72	2,71	2,8	104,88	7	NPM-MEYR	IV	2,15	-0,19	2,16	354,88
5	NPM-MENR	IV	0,57	-3,17	3,22	280,16							

Tabla 7: Parámetros correspondientes a los vectores significativos del análisis de coordenadas polares, tomando como conductas focales las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas condicionadas las correspondientes a la dimensión “paso retirado”.

Step	Díada focal- condicionada	Cuadrante	Z _{sum} prosp	Z _{sum} retro	Longitud	Ángulo	Step	Díada focal- condicionada	Cuadrante	Z _{sum} prosp	Z _{sum} retro	Longitud	Ángulo
1	NNLD-PA	IV	2,67	-0,59	2,73	347,62	5	NPM-PA	IV	1,14	-3,01	3,22	290,85
1	NNLD-PPE	II	-1,44	1,64	2,18	131,34	5	NPM-PT	II	-0,68	3,67	3,73	100,56
1	NNM-PA	II	-2,05	0,12	2,06	176,63	6	AD-PA	I	2,46	1,07	2,69	23,54
2	GD-PA	II	-1,97	0,36	2,01	169,59	6	AD-PPE	II	-2,52	0,76	2,63	163,29
3	GD-PA	II	-2,69	1,45	3,06	151,6	6	GI-PA	III	-2,71	-0,69	2,8	194,26
3	GD-PT	IV	2,67	-2,1	3,4	321,79	6	GI-PPE	IV	2,9	-0,64	2,97	347,57
3	GI-PT	II	-2,17	0,17	2,17	175,58	6	NNLI-PA	II	-2,47	1,54	2,91	147,99
3	NNLI-PA	I	0,27	2,67	2,68	84,25	6	NNLI-PT	IV	2,8	-0,89	2,93	342,42
3	NNLI-PPE	II	-0,54	2,84	2,89	100,72	6	NNM-PA	IV	3,14	-1,89	3,66	328,99
3	NNLI-PT	IV	0,44	-4,69	4,71	275,34	6	NNM-PT	II	-3,56	1,38	3,81	158,82
3	NNLI-PTI	II	-0,78	1,96	2,11	111,78	6	NPLI-PA	II	-2,47	1,54	2,91	147,99
3	NNM-PA	IV	0,6	-2,4	2,47	284,06	6	NPLI-PT	IV	2,8	-0,89	2,93	342,42
3	NNM-PT	II	-1,42	3,69	3,95	111,13	6	NPM-PA	IV	3,14	-1,54	3,5	333,83
3	NPLI-PA	I	0,56	3,22	3,27	80,07	6	NPM-PT	II	-3,56	0,89	3,66	166,01
3	NPLI-PPE	II	-0,57	2,67	2,73	102,12	7	AT-PUTI	IV	2,38	-0,1	2,39	357,53
3	NPLI-PT	IV	0,18	-4,79	4,79	272,19	7	NNE-PPE	II	-0,52	4,12	4,16	97,17
3	NPM-PA	IV	0,36	-3,43	3,44	275,96	7	NNE-PT	IV	1,95	-2,13	2,89	312,55
3	NPM-PT	II	-1,3	4,49	4,68	106,1	7	NNLI-PA	I	2,29	1,26	2,61	28,76
4	NNLD-PA	I	0,86	4,38	4,46	78,9	7	NNLI-PT	III	-1,92	-2,9	3,48	236,53
4	NNLD-PT	III	-0,86	-4,38	4,46	258,9	7	NNLI-PUTC	I	0,75	3,23	3,31	76,98

4	NNM-PA	III	-0,68	-4,38	4,43	261,12	7	NNM-PA	III	-1,74	-1,52	2,31	221,24
4	NNM-PT	I	0,68	4,38	4,43	81,12	7	NNM-PPE	IV	1,51	-2,81	3,19	298,29
4	NPLD-PA	I	1,14	4,38	4,53	75,35	7	NNM-PT	II	-0,04	3,72	3,72	90,62
4	NPLD-PT	III	-1,14	-4,38	4,53	255,35	7	NNM-PUTC	IV	0,15	-2,46	2,46	273,44
4	NPM-PA	III	-0,97	-4,38	4,48	257,5	7	NPE-PPE	II	-0,52	4,12	4,16	97,17
4	NPM-PT	I	0,97	4,38	4,48	77,5	7	NPE-PT	IV	1,95	-2,13	2,89	312,55
5	GD-PUTC	II	-0,43	2,18	2,23	101,24	7	NPLI-PA	I	2,29	1,76	2,89	37,51
5	NNLI-PA	II	-0,99	3,01	3,16	108,2	7	NPLI-PT	III	-1,92	-3,13	3,67	238,46
5	NNLI-PT	IV	0,23	-3,04	3,05	274,38	7	NPLI-PUTC	I	0,75	3,15	3,24	76,66
5	NNM-PA	IV	1,14	-3,01	3,22	290,85	7	NPM-PA	III	-1,74	-2	2,65	229,03
5	NNM-PT	II	-0,68	3,04	3,11	102,7	7	NPM-PPE	IV	1,51	-2,75	3,13	298,83
5	NPLI-PA	II	-0,99	3,01	3,16	108,2	7	NPM-PT	II	-0,04	3,95	3,95	90,58
5	NPLI-PT	IV	0,23	-3,67	3,68	273,62	7	NPM-PUTC	IV	0,15	-2,39	2,4	273,53

Discusión

En el trabajo presentado se ha desarrollado una propuesta de intervención para la resolución de problemas mediante el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil a través del uso de un robot de suelo de direccionalidad programada. Los resultados obtenidos han permitido identificar la capacidad de pensamiento computacional de los escolares de 1º de Educación Infantil -3años-, en los diferentes problemas que conforman la propuesta de intervención diseñada. La homogeneidad de los datos que se desprende de los resultados del análisis de generalizabilidad realizado (Blanco-Villaseñor, 1993) permiten superar la limitación que supone el número de participantes y justifica el muestreo observacional efectuado.

El análisis secuencial de retardos en la coocurrencia de las conductas *given* correspondientes a las dimensiones “fase” e “intento intra-fase” y las conductas *target* correspondientes a las dimensiones “eficacia intento/fase” y “paso retirado” -véase tabla 4-, señala las dificultades con la que se encuentran los participantes en cada fase de la resolución de los problemas. La asociación con la conducta condicionada no resuelve (NR), refleja la dificultad que supone para Educación Infantil-3 años, las fases que conllevan un proceso de elección de tarjetas -“elección de tarjeta” (ET) y “movimiento asociado del robot a la elección de tarjetas” (MANET)- en todos los *steps* que deben ser resueltos mediante el robot (*steps* 2,3,4,5,6 y 7). La fase “introducción en el robot” (IN) muestra una asociación significativa con la conducta “concuera con la fase de tarjetas pero no resuelve” (CFT), que pone de manifiesto la ausencia de dificultad a la hora de introducir los códigos de las tarjetas seleccionadas en el robot, superando sin problema el paso de la codificación a la programación del robot (Bers, 2018).

En la fase de “introducción en el robot” (IN), condicionada por la lógica interna del funcionamiento del robot, se produce una asociación con la conducta retirada de “todas las tarjetas” (PT), viéndose los escolares forzados, cuando se produce un error en la resolución, a borrar toda la secuencia de comandos introducidos en el robot. En la fase “motriz” (MTRZ), que sólo tiene lugar en el *step* 1, los participantes son capaces de descubrir el error al efectuar el recorrido motrizmente y retirar la tarjeta anterior cuando es errónea (PA). Sin embargo, en las fases que conllevan elección de tarjetas -“elección de tarjeta” (ET) y “movimiento asociado del robot a la elección de tarjetas” (MANET)- se ha detectado una relación de inhibición con la retirada de todas las tarjetas (PT). Pese a la dificultad que supone esta fase, los escolares son capaces de identificar los errores cometidos y retirar la tarjeta anterior errónea (PA) -fase ET de los *steps* 3 y 6; y fase MANET de los *steps* 4 y 5-, la tarjeta incorrecta de la secuencia (PTI) -fase ET del *step* 5-, o la retirada de tarjetas hasta el primer error (PPE) -fase MANET del *step* 6-. Estos resultados revelan la competencia de los escolares de Educación Infantil-3 años en la autocorrección de los fallos cometidos en la codificación del problema (Diago et al., 2018), gracias a la posibilidad que ofrece el robot de autoevaluación de la solución generada.

En lo relativo al número de intentos intra-fase -tabla 4- se ha detectado una asociación significativa a que: el *step* 6 se resuelva en el primer intento (I1); el *step* 3, en el segundo intento (I2); mientras que en los *steps* 1,3 y 4 la asociación es con la resolución al tercer intento (I3). Estos resultados reflejan cómo los escolares incorporan el aprendizaje adquirido a lo largo de los *steps* previos, lo que les permite superar retos de mayor dificultad, a medida que se resuelven los problemas anteriores (Sinclair, 2005). En los dos primeros *steps* en los que la resolución del problema se lleva a cabo con el robot -*steps* 2 y 3-, los escolares son capaces de descubrir los errores de su pensamiento computacional en el primer intento (I1) sin necesidad de retirar todas las tarjetas y tener

que empezar de nuevo, como sucede en *steps* de mayor complejidad -intento segundo del *step* 7 (I2) y tercero del *step* 5 (I3)-.

En la etapa de Educación Infantil se considera esencial facilitar la ejecución de actividades que posibiliten a los escolares la interacción con el espacio y les permita realizar una contextualización de los problemas, transformándolos en situaciones reales que provean de significatividad al aprendizaje (Belasko et al., 2019; Jiménez-Gestal et al., 2019). El análisis secuencial de retardos en la coocurrencia de las conductas *given* correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño” y las conductas *target* constitutivas de la dimensión “adaptación de la conducta al problema planteado” -véase tabla 5- muestra las dificultades que conlleva, para el pensamiento computacional del niño de 3 años, su incipiente capacidad de organización espacial (Denis, 2017). Los resultados obtenidos reflejan que la información espacial “adelante” (AD) no entraña mayor dificultad -asociación con respuesta adaptativa (ADAP) e inhibición respuesta no adaptativa en los *steps* 1 al 6-. Sin embargo, el desplazamiento “atrás” (AT) -asociación con respuesta no adaptativa (NOAD) e inhibición con respuesta adaptativa en los *steps* 2 al 6-, afecta seriamente la competencia en el pensamiento computacional de los participantes. La información espacial correspondiente a los giros también implica dificultades: el giro a la derecha (GD) -en los *steps* 1 y 6- y el giro a la izquierda (GI) -en los *steps* 2 y 4-, presentan asociación con una respuesta no adaptativa (NOAD) e inhibición con adaptativa (ADAP). Cuando el robot se encuentra en la misma orientación que la del niño (NNM) o en la posición inicial de salida (NPM) el niño no encuentra dificultades para dar una respuesta adaptativa al problema (ADAP). Sin embargo, la información espacial del paso atrás (AT), la orientación del robot respecto al niño lateral izquierda (NNLI), lateral derecha (NNLD) o en espejo (NNE), así como la posición del robot respecto a su posición de inicio lateral izquierda (NPLI), lateral derecha (NPLD) o en espejo (NPE) activan una respuesta no adaptativa (NOAD). Estos resultados reflejan las dificultades de organización espacial del alumnado de Educación Infantil-3 años, en la resolución de un problema que implique descentramiento al tener que utilizar diversas referencias espaciales al mismo tiempo (Denis, 2017).

Resulta especialmente relevante el papel de la maestra para generar ayudas al alumnado en la resolución de problemas (Giacconi et al., 2018; Pifarré y Sanuy, 2002), así como para incentivar y provocar desafíos que alienten su aprendizaje (Pöntinen y Rätty-Záborszky, 2020). Los resultados de los análisis de coordenadas polares -tabla 6-, muestran vectores significativos en los *steps* 1,3,4,5,6 y 7. Cuando la información espacial del paso es “adelante” (AD) la maestra interviene -en los *steps* 1, 6 y 7- promoviendo el razonamiento (MRR). Sin embargo, cuando la información espacial del paso es giro a la izquierda (GI), la maestra manifiesta el error cometido sin dar la respuesta (MENR) -en los *steps* 1 y 6- o fija la atención del niño en el error cometido (MFE) por medio de preguntas -en el *step* 7-. Cuando el paso se corresponde con una misma orientación del robot respecto al niño (NNM) o igual a la posición inicial (NPM), se ha detectado -en los *steps* 3,5 y 7- una activación prospectiva a que la maestra manifieste el error cometido, pero no dé la respuesta (MENR). En el *step* 7 se ha detectado la activación prospectiva a que la maestra haga manifiesto el error y dé la respuesta correcta del paso al alumno (MEYR), lo que revela la dificultad de dicho *step* para los alumnos de Educación Infantil-3 años. Cuando la orientación del robot es lateral izquierda respecto al niño (NNLI) o respecto a su posición inicial (NPLI), en los *steps* 4 y 7 se produce una activación prospectiva a que la maestra manifieste explícitamente el error cometido pero no dé la respuesta (MFE). El alumnado de Educación Infantil-3 años precisa de la

intervención de la maestra para descubrir los errores cometidos en la secuenciación de los pasos de la solución problema y en la programación.

El análisis de coordenadas polares -tomando como conductas focales las correspondientes a las dimensiones “información espacial del paso”, “orientación del robot respecto a su posición inicial” y “orientación del robot respecto al niño”, y como conductas condicionadas las correspondientes a la dimensión “paso retirado” (véase tabla 7)- refleja cómo el uso de este tipo de robots permite a los escolares realizar una propuesta de programación por bloques y una evaluación del plan diseñado (Diago et al., 2018). En el *step* 1, la ejecución de la fase motriz permite a los participantes detectar el error cometido en la fase de elección de tarjetas y retirar la tarjeta anterior errónea (PA). Los *steps* que incorporan más de un giro en su resolución -*steps* 3,4,5,6 y 7- resultan más complicados para los alumnos de Educación Infantil-3 años, en función de su capacidad de descentramiento (Denis, 2017), y activan la retirada de todas las tarjetas (PT) cuando la orientación del robot respecto al niño (NNLI) o respecto a su posición inicial es lateral izquierda (NPLI) -*steps* 3, 5 y 6-; cuando la orientación del robot es la misma respecto a la posición inicial (NPM) o la misma respecto a la posición del niño (NNM)-en el *step* 4-; o cuando el robot se encuentra en espejo respecto a la posición del niño (NNE) o a su posición inicial (NPE) -en el *step* 7-. Cuando el robot se encuentra orientado en la misma posición que el niño (NNM) o en la misma orientación respecto a su posición inicial (NPM), el niño es capaz de detectar el error o errores cometidos en la secuencia y retirar la tarjeta anterior (PA) -*steps* 3, 5 y 6-, o las tarjetas hasta el primer error (PPE) -*step* 7-. Los resultados señalan de nuevo la dificultad manifiesta que supone el último *step* de la propuesta diseñada para los niños de Educación Infantil-3 años; los participantes lejos de detectar los errores concretos cometidos, muestran una activación prospectiva a retirar tarjetas correctas de la secuencia (PUTC) cuando la orientación del robot es la misma que la del niño (NNM) o que su posición inicial (NPM), o cuando la orientación del robot es lateral izquierda (NNLI, NPLI).

En el presente trabajo se ha expuesto muestra una propuesta de intervención para el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil, mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada. En el seno de la metodología observacional se ha conseguido caracterizar el pensamiento computacional, en niños de primer curso de Educación Infantil-3 años, durante la resolución de cada uno de los problemas de dificultad creciente que constituyen la propuesta de intervención diseñada. El desarrollo de la capacidad de organización espacial de los escolares ha resultado una cuestión clave en la resolución de problemas matemáticos por medio del pensamiento computacional. La intervención de la maestra ha resultado fundamental para guiar al alumnado de Educación Infantil-3 años en el desarrollo de la propuesta de intervención (English y Watters, 2005; Lehrer et al., 2002). El movimiento efectuado por el robot a partir de la programación efectuada, ha permitido que el alumno realice una auto-evaluación del plan diseñado (Bers, 2008; Diago et al., 2018).

El trabajo realizado arroja luz sobre el desarrollo del pensamiento computacional en el alumnado de Educación Infantil-3 años a partir de una propuesta de intervención que permite a los escolares expresarse por medio de un lenguaje de programación (Sullivan y Bers, 2016). Las actividades presentadas son lúdicas, se han llevado a la práctica en un ambiente natural (Resnick et al., 1998) y resultan apropiadas para los escolares de Educación Infantil. Resultará muy interesante en futuros trabajos comprobar la evolución del pensamiento computacional del niño a lo largo de su progreso por los cursos superiores de Educación Infantil.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del subproyecto *Integration ways between qualitative and quantitative data, multiple case development, and synthesis review as main axis for an innovative future in physical activity and sports research* [PGC2018-098742-B-C31] (2019-2021) (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades / Agencia Estatal de Investigación / Fondo Europeo de Desarrollo Regional), que forma parte del proyecto coordinado *New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective* (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0]. Asimismo, los autores agradecen el apoyo del grupo de investigación de la Generalitat de Catalunya, *Grup de recerca i innovació en dissenys (GRID), Tecnologia i aplicació multimedia i digital als dissenys observacionals* [2017 SGR 1405]. Este estudio ha recibido también ayuda de fondos de investigación de la Universidad de La Rioja.

Presentación del artículo: 1 de julio 2021

Fecha de aprobación: 17 de noviembre de 2021

Fecha de publicación: 30 de noviembre de 2021

Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D y Anguera, M.T. (2021). Análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil-3 años mediante una propuesta de resolución de problemas con un robot de suelo de direccionalidad programada. *RED. Revista de Educación a Distancia*. Núm. 68, DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/red.490411>

Financiación

Este trabajo no ha recibido ninguna subvención específica de los organismos de financiación en los sectores públicos, comerciales o sin fines de lucro

Referencias

- Aho, A.V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
- Allison, P.D. y Liker, J.K. (1982). Analyzing sequential categorical data on dyadic interaction: A comment on Gottman. *Psychological Bulletin*, 93, 393-403. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.91.2.393>
- Anguera, M.T. (1979). Observational Typology. *Quality & Quantity. European-American Journal of Methodology*, 13(6), 449-484. <https://doi.org/10.1007/BF00222999>
- Anguera, M.T. (2003). La observación. En C. Moreno Rosset (Ed.), *Evaluación psicológica. Concepto, proceso y aplicación en las áreas del desarrollo y de la inteligencia* (pp. 271-308). Sanz y Torres.
- 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*, 9:13. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00013>

- Anguera, M.T., Portell, P., Hernández-Mendo, A., Sánchez-Algarra, P., y Jonsson, G. K. (in press). Diachronic analysis of qualitative data. En A.J. Onwuegbuzie y B. Johnson (Eds.), *Reviewer's Guide for Mixed Methods Research Analysis*. Routledge.
- Avello, R., Lavonen, J., y Zapata-Ros, M. (2020). Codificación y robótica educativa y su relación con el pensamiento computacional y creativo. Una revisión comprensiva. RED. Revista de Educación a Distancia, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.413021>
- Bakeman, R. (1978). Untangling streams of behavior: sequential analysis of observation data. En G.P. Sackett (Ed.) *Observing Behaviour, Vol. II: Data Collection and Analysis Methods* (pp. 63-78). University Park Press.
- Bakeman, R. y Quera, V. (1995). *Analyzing interaction: Sequential analysis with SDIS and GSEQ*. Cambridge University Press.
- Blanco-Villaseñor, A. (1993) Fiabilidad, precisión, validez y generalización de los diseños observacionales. En M.T. Anguera (Ed.) Metodología observacional en la investigación psicológica (pp. 149-261). P.P.U., Vol. II.
- Barron, B., Cayton-Hodges, G., Bofferding, L., Copple, C., Darling-Hammond, L., y Levine, M. (2011). *Take a Giant Step: A Blueprint for Teaching Children in a Digital Age*. The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.
- Belasko, M., Herrán, E., & Anguera, M.T. (2019). Dressing toddlers at the Emmi Pikler nursery school in Budapest: caregiver instrumental behavioral pattern. *European Early Childhood Education Research Journal*, 27(6), 972-887. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2019.1678928>
- Bers, M. (2008). *Blocks, robots and computers: Learning about technology in early childhood*. Teacher's College Press.
- Bers, M. (2018). *Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom*. Routledge.
- Bers, M., 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
- Bers, M., González, C., y Armas, U. (2019). Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms. *Computers & Education*, 138, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.013>
- Bers, M. U., Seddighin, S., y Sullivan, A. (2013). Ready for robotics: Bringing together the T and E of STEM in early childhood teacher education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 21(3), 355-377.
- Brosterman, N. (1997). *Inventing kindergarten*. Henry N. Abrams.
- Cejka, E., Rogers, C., y Portsmore, M. (2006). Kindergarten robotics: Using robotics to motivate math, science, and engineering literacy in elementary school. *International Journal of Engineering Education*, 22(4), 711-722.
- Clements, D.H. y Sarama, J. (1997). Research on Logo: A decade of progress, 14(1-2), 9-46. https://doi.org/10.1300/J025v14n01_02
- Cochran W.G. (1954). Some methods for strengthening the common χ^2 test. *Biometrics*, 10, 417-451. <https://doi.org/10.2307/3001616>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Cronbach, L.J., Gleser, G.C., Nanda, H., y Rajaratnam, N. (1972). *The dependability of behavioral measurements: theory of generalizability for scores and profiles*. Wiley.

- Denis, M. (2017). *Space and spatial cognition: A multidisciplinary perspective*. Routledge.
- 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 Watters, J.J. (2005). Mathematical modelling in the early school years. *Mathematics Education Research Journal*, 16(3), 58-79. <https://doi.org/10.1007/bf03217401>
- Fessakis, G., Gouli, E., y Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5-6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers and Education*, 63, 87-97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.016>
- Gabin, B., Camerino, O., Anguera, M.T., y Castañer, M. (2012). Lince: Multiplatform sport analysis software. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>
- Giaconi, V., Perdomo-Díaz, J., Cerda, G., y Saadati, F. (2018). Prácticas docentes, autoeficacia y valor en relación con la resolución de problemas de matemáticas: diseño y validación de un cuestionario. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(3), 99-120. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2351>
- Hernández-Mendo, A., Blanco-Villaseñor, A., Pastrana, J.L., Morales-Sánchez, V. y Ramos-Pérez, F.J. (2016). SAGT: aplicación informática para análisis de generalizabilidad. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 77-89.
- Hernández-Mendo, A., López, J.A., Castellano, J., Morales-Sánchez, V., y Pastrana, J.L. (2012). Hoisan 1.2: Programa informático para uso en metodología observacional. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 12(1), 55-78.
- Jiménez-Gestal, C., Berciano, A., y Salgado, 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>
- Kzakoff, E.R. y Bers, M.U. (2011). *The impact of computer programming on sequencing ability in early childhood*. En American Educational Research Association Conference (AERA), Louisiana: New Orleans.
- Kzakoff, E.R., Sullivan, A., y Bers, M. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245-255. <https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>.
- Lapresa, D., Gutiérrez, I., Pérez-de-Albéniz, A., Merino, P., y Anguera, M.T. (2020). Interacción profesor-alumno-tarea en un programa de desarrollo de capacidades motrices en un adolescente con TEA: un estudio de observación sistemática. *Journal for the Study of Education and Development. Infancia y Aprendizaje*, 1-33. Online first, <https://doi.org/10.1080/02103702.2020.1802148>
- Lee, K., Sullivan, A., y Bers, M. U. (2013). Collaboration by design: Using robotics to foster social interaction in kindergarten. *Computers in the Schools*, 30(3), 271-281. <https://doi.org/10.1080/07380569.2013.805676>
- Lehrer, R., Giles, N.D., y Schauble, L. (2002). Children's work with data. En R. Lehrer & L. Schauble (Eds). *Investigating real data in the classroom: Expanding children's understanding of math and science* (pp. 1-26). Teachers College Press.

- Manches, A. y Plowman, L. (2017). Computing education in children's early years: A call for debate. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 191-201. <https://doi.org/10.1111/bjet.12355>
- Mazas, B., Gil-Quílez, M.J., Martínez-Peña, B., Hervás, A., y Muñoz, A. (2018). Los niños de infantil piensan, actúan y hablan sobre el comportamiento del aire y del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 163-180. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2320>
- Pifarré, M. y Sanuy, J. (2002). La resolución de problemas entre iguales: incidencia de la mediación del ordenador en los procesos de interacción y en el aprendizaje. *Journal for the Study of Education and Development. Infancia y Aprendizaje*, 25(2), 209-225. <http://doi.org/10.1174/021037002317417831>
- Pöntinen, S. y Rätty-Záborszky, S. (2020). Pedagogical aspects to support students' evolving digital competence at school. *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(2), 182-196. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1735736>
- Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., y Silverman, B. (1998). Digital Manipulatives: New Toys to Think With. *Proceedings of CHI '98*. ACM Press.
- Rogers, C. y Portsmore, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education: innovations and research*, 5(3).
- Sackett, G.P. (1980). Lag Sequential Analysis as a data reduction technique in social interaction research. En D.B. Sawin, R.C. Hawkins, L.O. Walker, & J.H. Penticuff (Eds.), *Exceptional infant. Psychosocial risks in infant-environment transactions* (pp. 300-340). Brunner/Mazel.
- Sinclair, A. (2005). Las matemáticas y la imitación entre el año y los tres años de edad. *Journal for the Study of Education and Development. Infancia y Aprendizaje*, 28(4), 377-392. <http://doi.org/10.1174/021037005774518983>
- Strawhacker, A. y Bers, M. (2015). "I want my robot to look for food": Comparing Kindergartner's programming comprehension using tangible, graphic, and hybrid user interfaces. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(3), 293-319. <http://doi.org/10.1007/s10798-014-9287-7>
- Sullivan, A. y Bers, M. (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. <http://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- Terroba, M., Ribera, J.M., Lapresa, D., y Anguera, M.T. (2021). Education intervention using a ground robot with programmed directional controls: observational analysis of the development of computational thinking in early childhood education [Propuesta de intervención mediante un robot de suelo con mandos de direccionalidad programada: análisis observacional del desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil]. *Revista de Psicodidáctica*, online first, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2021.03.001>
- Wing, J.M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <http://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>
- Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. RED. Revista de Educación a Distancia, 46(4), 1-47. <https://doi.org/10.6018/red/46/4>



Observational analysis of the development of computational thinking in Early Childhood Education (5 years old) through an intervention proposal with a ground robot of programmed directionality

Marta Terroba ^a, Juan Miguel Ribera ^a, Daniel Lapresa ^a and M. Teresa Anguera ^b

^aFaculty of Letters and Education, University of La Rioja, Logrono, Spain; ^bFaculty of Psychology, University of Barcelona, Barcelona, Spain

ABSTRACT

This article presents an intervention proposal that seeks to develop computational thinking in Early Childhood Education, using an educational ground robot with programmed directionality controls. Within the observational methodology, it has been possible to characterize computational thinking in children of Early Childhood Education – 5 years old, during the resolution of each of the problems of increasing difficulty that constitute the intervention proposal. The data was recorded and coded using the LINCE software. The reliability of the data, calculated in the form of inter-observer agreement using Cohen's Kappa coefficient, has been guaranteed. The analysis of generalizability carried out allows to guarantee the homogeneity in the behavior of the participants. Two techniques of diachronic analysis of observational data have been applied in a complementary way: the lag sequential analysis, with the free software GSEQ, and the analysis of polar coordinates, with the free software HOISAN. Skills associated with computational thinking such as the logical organization of the steps to follow, the physical-concrete abstraction and generalization of the trajectories, and the self-evaluation of the proposals, have been conditioned by the development of the capacity for spatial organization of the 5 years old child and by the intervention of the teacher.

KEYWORDS

Computational thinking; educational robotics; early childhood education; observational methodology; diachronic analysis of behavior

Introduction

The concept of computational thinking introduced by Wing (2006) includes problem solving, system design, and understanding of human behavior, making use of the fundamental concepts of Computer Science. Later, Wing (2008) adds a clarification to this conceptualization indicating that the thought procedures involved in problem solving must be able to be represented in such a way that they can be addressed by information processing tools. Aho (2012) simplifies Wing's definition, indicating that the solutions offered to computational thinking problems must be able to be represented by a sequence of steps and algorithms. Problem solving through computational thinking involves a

