



Argumentación matemática en una actividad de robótica educativa en el aula de 4 años: un estudio de casos

Ainhoa **Berciano**

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

España

ainhoa.berciano@ehu.eus

María **Salgado**

Universidade de Santiago de Compostela

España

maria.salgado@usc.es

Beatriz **Abad-Villaverde**

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña

República Dominicana

babad@unphu.edu.do

Resumen

El pensamiento computacional, aunque no es un concepto novedoso en el mundo científico, ha cobrado gran auge en los sistemas educativos de las dos últimas décadas. Así, en el presente trabajo pretender analizar el tipo de argumentación matemática que emerge en una secuencia específicamente diseñada para trabajar el pensamiento computacional por medio de la robótica educativa desde edades tempranas. Para ello, desde un método cualitativo, se ha llevado a cabo un estudio de 4 casos con niños y niñas de 4 años de edad. Los resultados muestran que todos los casos completan la tarea; con respecto a la argumentación matemática, la predominante en los 4 casos es la argumentación con palabras, seguida de la pictórica; pero la simbólica solo aparece en dos de ellos. Estos resultados nos permiten concluir que esta tarea ayuda a establecer vínculos entre la resolución del problema con el robot, el pensamiento computacional y la argumentación matemática; poniendo en valor que un diseño de aula de la robótica educativa desde la competencia matemática es factible en edades tan tempranas.

Palabras clave: Argumentación matemática; Educación infantil; España; Pensamiento computacional; Robots educativos.

Introducción y marco teórico

En una sociedad cada vez más digitalizada, es necesario potenciar el desarrollo de capacidades que faciliten el abordaje de desafíos complejos mediante enfoques innovadores y estructurados. En este sentido, el pensamiento computacional se está introduciendo progresivamente en la educación como respuesta a la necesidad de potenciar en el alumnado habilidades que le permitan enfrentarse a problemas complejos con estrategias de análisis y abstracción (González-González, 2019). El objetivo es contribuir al aprendizaje integrado de todas las disciplinas científicas, potenciando la Competencia Matemática, pero también la Competencia en Ciencia, Tecnología e Ingeniería (STEM) y de manera transversal la Competencia Digital (Lijó-Sánchez et al., 2023). De este modo, el pensamiento computacional se ha convertido en una habilidad cognitiva esencial que potencia la creatividad y el pensamiento crítico para la solución de problemas en diversos ámbitos de la vida (Barrera, 2024; Del Álamo et al., 2021; Israel-Fishelson, & HersHKovitz, 2022;).

El pensamiento computacional y el pensamiento matemático mantienen una estrecha relación (Acosta et al., 2024). Ambos procesos implican la resolución de problemas mediante estrategias estructuradas, identificación de patrones y uso del razonamiento lógico (Alsina & Acosta, 2018; Terroba et al., 2021; Zapata et al., 2021). Además, ambos tipos de pensamiento se influyen mutuamente. Esto es, existen numerosas investigaciones que han demostrado que la integración de estrategias computacionales en la enseñanza de las Matemáticas mejora la capacidad de los niños para comprender conceptos abstractos y aplicar procedimientos sistemáticos en la resolución de problemas (Acosta et al., 2024; Terroba et al., 2021; Zapata et al., 2021). En esta línea, estudios recientes muestran que el alumnado que participa en actividades que combinan Matemáticas y pensamiento computacional mejoran significativamente su capacidad de razonamiento lógico y planificación estratégica (Sánchez Vera, 2021).

En la etapa de Educación Infantil el pensamiento computacional favorece el desarrollo de conocimientos fundamentales vinculados a la experimentación en el entorno, la curiosidad, el pensamiento científico, el razonamiento lógico y la creatividad (Gobierno de España, 2022). Cada vez es mayor la evidencia empírica que respalda la necesidad de introducir el pensamiento computacional desde la educación infantil para sentar las bases de una alfabetización digital y Matemática integral (Alsina & Acosta, 2022). Por esta razón, distintos marcos normativos, como la Ley Orgánica de Modificación de la LOE (LOMLOE), en España, han enfatizado su papel por contribuir directamente al logro de los objetivos de esta etapa, en tanto que facilita la adquisición del aprendizaje inicial de la lectura y la escritura, el desarrollo del movimiento, el gesto y el ritmo, así como las habilidades lógico-matemáticas. En particular, facilita la adquisición de nociones básicas de conteo, seriación y orientación espacial, las cuales son fundamentales para la competencia matemática en edades tempranas (Barrera, 2024; Lijó-Sánchez, 2023; Pérez-Suay et al., 2023; Sánchez Vera et al., 2021). Asimismo, la introducción del pensamiento computacional a través de las Matemáticas fomenta el desarrollo del pensamiento lógico y la capacidad de estructurar problemas en pasos secuenciales. Esto permite a los niños/as abordar situaciones

nuevas de manera organizada y eficiente, desarrollar mayor autonomía en la resolución de problemas y mejorar su capacidad para evaluar diferentes estrategias y tomar decisiones informadas (Del Álamo et al., 2021; Terroba et al., 2021).

Desde una perspectiva pedagógica, existen diferentes abordajes para trabajar el pensamiento computacional en edades tempranas, aplicando estrategias basadas en la experimentación, la manipulación de materiales concretos y el trabajo en equipo. El uso de robots educativos ha demostrado ser una herramienta eficaz para enseñar conceptos matemáticos a través de la manipulación concreta y la experimentación con secuencias y algoritmos (Bakala et al., 2021; Sánchez Vera, 2021). Construyendo, probando y mejorando las soluciones a los problemas de forma iterativa, pueden entender mejor los patrones y secuencias subyacentes a conceptos teóricos complejos, al trabajar de un modo práctico que estimula su interés por la resolución de los problemas (Acosta et al., 2024; Berciano-Alcaraz et al., 2022; Diago et al., 2018; Terroba et al., 2021; Zapata et al., 2021). La investigación ha demostrado que la introducción de estas herramientas en educación infantil favorece la comprensión de estructuras lógicas, la planificación de acciones y la anticipación de consecuencias, todas ellas habilidades fundamentales para el pensamiento algorítmico. Así mismo, se promueven habilidades metacognitivas al permitir a los niños evaluar sus propias estrategias de resolución y llevar a cabo ajustes en sus decisiones en función de los resultados obtenidos (Berciano-Alcaraz et al., 2022). Aun así, a pesar del creciente interés en la implementación del pensamiento computacional en la educación infantil, la investigación en esta área sigue presentando brechas significativas en cuanto a estrategias pedagógicas adaptadas a las necesidades cognitivas, motrices y emocionales de los niños más pequeños. Si bien estudios previos han explorado la relación entre la robótica educativa y la enseñanza de las Matemáticas en niveles superiores de infantil y primaria (Alsina & Acosta, 2018; Bizarro Torres et al., 2018), aún son limitadas las investigaciones que aborden su aplicabilidad en niños de tres años dentro de un enfoque competencial.

Nuestra investigación pretende responder a esta necesidad, analizando el tipo de argumentación matemática que emerge a lo largo de una secuencia de actividades específicamente diseñada para que los niños y las niñas desde 3 años desarrollen habilidades propias del pensamiento computacional dentro del marco de la competencia matemática, por medio del uso de robot educativos.

Metodología

Para poder dar respuesta al objetivo de investigación, en este trabajo nos centramos en analizar el tipo de argumentación que muestran niños y niñas de 4 años en una actividad de robótica educativa para trabajar el pensamiento computacional, desde una investigación de tipo cualitativo. En este trabajo se presenta un estudio de casos, conformado por cuatro.

Diseño teórico de la secuencia de actividades

La tarea elegida ha sido “L realiza una yincana”, tarea que forma parte de una secuencia de actividades específicamente diseñada para trabajar el pensamiento computacional desde el aula de 3 años, asumiendo como punto de partida los procesos matemáticos y el microespacio como

referencia espacial con posterior trabajo en el mesoespacio (Jiménez-Gestal et al., 2022). Para ello, el enfoque elegido es la robótica educativa y dicha secuencia la hemos llamado “el universo de...Lorenzo (L)”. En total, la secuencia está compuesta por 7 actividades, que ayuden a los niños y las niñas a trabajar el pensamiento computacional por medio de la programación de un robot educativo. Dichas actividades están diseñadas para un aprendizaje comprensivo y cercano a las necesidades de niños y niñas de estas edades y tienen una estructura basada en sesiones con una duración estimada de 30-40 minutos cada una de las sesiones (ver Tabla 1).

Tabla 1
Actividades que componen la secuencia didáctica

Actividad	Ag*	Objetivo docente	Duración
Los robots nos rodean...	A	Introducir los robots educativos y detectar ideas previas	1 sesión: 30-40m
¿Qué puede hacer L?	I-PG	Descubrir elementos característicos de los robots (explorando, manipulando)	1 sesión: 30-40m
L y los números	I-PG	Introducir la serie numérica	3 sesiones: 20-30m
L atleta	I-PG	Orientar en el microespacio (libre)	3 sesiones: 20-30m
L realiza una yincana	I-PG	Orientar en el microespacio (delimitado)	3 sesiones: 20-30m
L en la ciudad	I-PG	Orientar en el microespacio y programar	4 sesiones: 20-30m
L visita el zoo	I-PG	Orientar en el microespacio y programar	4 sesiones: 20-30m

*Ag: tipo de agrupación: A: asamblea, I: individual, PG: pequeños grupos

Participantes y contexto de aula

Aunque las actividades han sido diseñadas como una secuencia para ser implementada a partir de los 3 años, para este trabajo, se han elegido 4 niños y niñas de 4 años de un aula de educación infantil de un colegio público de Galicia (España), con formación educativa desde los 3 años. La selección de la muestra ha sido por conveniencia.

Actividad llevada a cabo

La actividad que aquí describimos se llama “L realiza la yincana” (ver Figura 1). En total, consta de 4 pruebas, delimitadas por las formas del espacio: en la primera tarea se debe recorrer un trayecto recto marcado por una cuerda estirada, en la segunda tarea, el robot debe avanzar por debajo de un arco (puente), en la tercera hay una alfombra verde con forma cuadrada y el robot tiene que dar una vuelta completa a su alrededor para superar la prueba, en la cuarta el robot tendrá que dar una vuelta a un aro (circular) para llegar a la meta a continuación y, así, superar correctamente cada una de las pruebas.

En un primer momento, se presenta la yincana al alumnado físicamente y se le invita a que realicen el recorrido por sí mismos (para interiorizar cada una de las tareas y lo verbalicen con

palabras y ver el tipo de argumentación inicial que muestran [IA]). Como actividad complementaria, también se invita a los niños y a las niñas a que representen el circuito en papel (utilizan dibujos y o símbolos). Posteriormente, se les da el robot educativo y se les pide que ayuden a L a realizar la yincana.

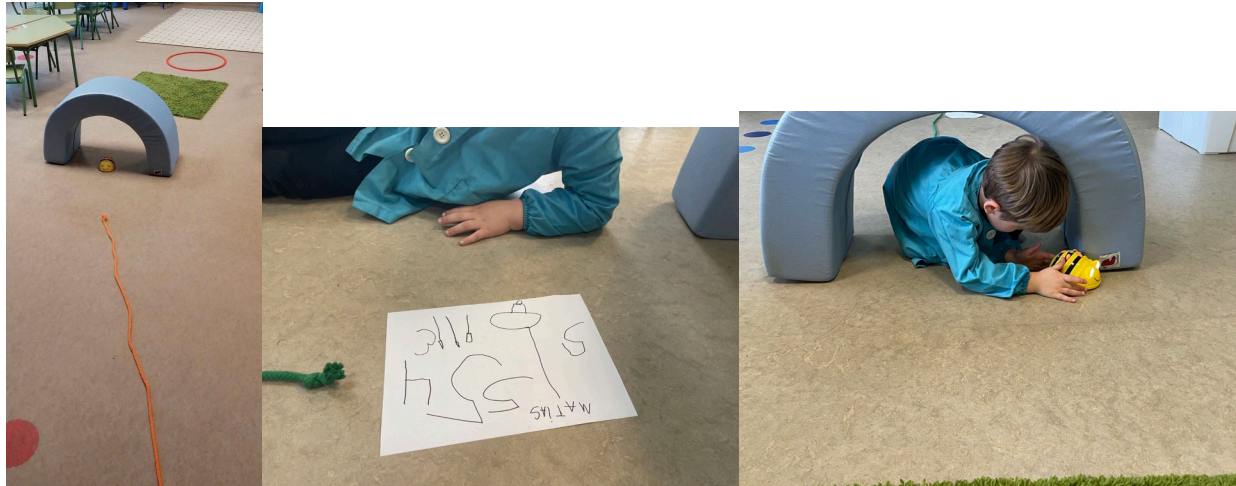


Figura 1. Recorrido de la actividad “L realiza la yincana” y realización de la actividad por dos niños (izq, derecha respectivamente).

Recogida e instrumento de análisis de datos

Cada infante ha realizado la actividad de modo individual. Se le ha videograbado individualmente. Para poder analizar la argumentación matemática mostrada en cada caso a lo largo de la actividad con el robot educativo, se ha hecho uso de la categorización definida por Salgado et al. (2024). En concreto, se han usado las categorías argumentativas: argumentación pictórica [PA], uso de lenguaje matemático [LM], argumentación con palabras o con grafías [AW], argumentación simbólica [SA] y argumentación mixta [AM].

Así, tras la realización de la grabación, se ha procedido a analizar caso por caso y registrar las evidencias asociadas a cada una de las categorías anteriormente descritas por el equipo investigador.

Resultados

A continuación, para cada uno de los casos, detallamos el tipo de argumentación matemática identificada, por medio de las evidencias (la mayoría extraídas de la comunicación oral y gestual).

Caso 1

Realiza todas las pruebas, aunque la 3 y 4 parcialmente, no completas. Llega a la meta chocando con uno de los postes. Con respecto a la argumentación matemática, tenemos:

- PA: Realiza dibujos por cada una de las pruebas. El puente lo representa con un círculo.
- LM: Gira dos veces, es un cuadrado.

- AW: Anduvo esto todo (y señala). Torcer un poco por aquí (y señala).
- SA: Cinco para delante (y registra en papel 5 y una flecha).
- AM: 3 la flecha buena, la de caminar

Caso 2

Llega al final de la yincana y realiza con éxito las pruebas 3 y 4, pero ataja por un lateral hasta llegar al final (a un lado de la meta). Con respecto a la argumentación matemática, tenemos:

- PA: Representa la 3ª prueba (con rayas simbolizando la hierba de la alfombra cuadrada).
- LM: Cuatro y después una (de forma oral responde a cuántas veces tecleó la flecha del robot).
- AW: Por aquí no que, sino cruza la hierba y no puede pisar, tiene que ir por aquí (señala la izquierda).
- AG: Llegó, caminó, caminó y caminó, no pisó la hierba, por aquí (señala) y llegó.

Caso 3

Llega al final de la yincana y realiza las pruebas 3 y 4 (parcialmente) y la 4 con mucha dificultad. Con respecto a la argumentación matemática, tenemos:

- PA: Representa las 4 pruebas, cada una de ellas con un dibujo matemático, raya, arco, cuadrado, círculo.
- AW: Ahora tiene que ir por aquí (y se mete por debajo del arco).
- AW: Pasó por debajo del puente.

Caso 4

Llega al final de la yincana y realiza la 3 y 4, pero no completas, pero bastante aproximadas al objetivo de la yincana. Con respecto a la argumentación matemática, tenemos:

- PA: Representa las 4 pruebas con símbolos matemáticos. Línea, arco, cuadrado y círculo (siguiendo de abajo, arriba y hacia la derecha).
- SA: Tres, tres. Cuatro, tres. En papel escribe a continuación 3,3,4,3
- AM: Vuelve a chocar, tengo que girar y caminar, una o dos.
- AM: Llegó aquí, y gira camina, gira para camina,... muchas.

Discusión y Conclusiones

Tras el análisis de los resultados, podemos concluir que, en todos los casos, la actividad permitió a los niños y a las niñas desarrollar habilidades esenciales en programación y resolución de problemas, por medio del uso del robot educativo (acorde con Acosta et al., 2024; Berciano et al., 2022).

La primera parte de la tarea aquí descrita, que consistía en movimientos simples como avanzar en línea recta o pasar por debajo de un obstáculo, fueron completadas con éxito por la mayoría, demostrando que los niños y las niñas a esta edad pueden comprender y ejecutar

instrucciones básicas de programación (Berciano et al. (2022)), basadas en la curiosidad por la resolución de la tarea en un contexto cercano (Gobierno de España, 2022).

Sin embargo, las pruebas finales, que requerían una combinación de giros y movimientos hacia adelante, resultaron más desafiantes y no todos los casos lo realizaron con éxito. Esto sugiere que las habilidades cognitivas y de memoria de trabajo necesarias para planificar y ejecutar secuencias más complejas aún están en desarrollo. Además, las dificultades detectadas en la resolución de las tareas más complejas, pueden deberse al desarrollo incipiente de la orientación espacial, competencia clave a desarrollar en la educación infantil; por tanto, este desarrollo parcial pone de manifiesto la necesidad de seguir trabajando el microespacio y mesoespacio con actividades contextualizadas, habilidad fundamental concerniente a la competencia matemática en edades tempranas (Jiménez-Gestal et al., 2019; Bizarro Torres et al., 2018).

Con respecto a la argumentación matemática mostrada, la predominante en los 4 casos es la argumentación con palabras, seguida de la pictórica; mientras que la argumentación simbólica solo aparece en dos de ellos. Además del lenguaje verbal, los niños y las niñas demostraron una rica comunicación gestual. Complementaron sus explicaciones orales con acciones físicas significativas, como levantar dedos para indicar cantidades, realizar movimientos circulares para representar el recorrido del robot, o usar gestos manuales para indicar la dirección de los giros. De hecho, aparece con claridad la referencia a la serie numérica, lo que pone de manifiesto que esta actividad ayuda al desarrollo y comprensión de esta (Barrera, 2024; Lijó-Sánchez et al., 2023; Pérez-Suay et al., 2023; Sánchez Vera et al., 2021).

Estos resultados nos permiten concluir que esta tarea ayuda a establecer vínculos entre la resolución del problema con el robot, el pensamiento computacional y la argumentación matemática; poniendo en valor que un diseño de aula de la robótica educativa desde la competencia matemática es factible en edades tan tempranas.

Finalmente, queremos mencionar que la tarea aquí descrita forma parte de una secuencia mucho más amplia; la cual nos abre una vía de investigación que analice cómo desarrollar propuestas docentes innovadoras y estructuradas, que ayuden a potenciar el desarrollo de capacidades del siglo XXI, como el pensamiento computacional.

Referencias bibliográficas

- Acosta, Y., Pincheira, N., & Alsina, Á. (2024). Estableciendo vínculos entre el pensamiento computacional y el pensamiento algebraico en educación infantil: Implicaciones para la práctica docente. *Cuadrante: Revista de Investigação em Educação Matemática*, 33(2), 338-362. <https://doi.org/10.48489/quadrante.36181>
- Alsina, Á., & Acosta Inchaustegui, Y. (2018). Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos programables. *Unión-Revista Iberoamericana de Educación*, 14(52). Recuperado a partir de <https://union.fespm.es/index.php/UNION/article/view/350>
- Alsina, A., & Acosta, Y. (2022). Conectando la educación matemática infantil y el pensamiento computacional: aprendizaje de patrones de repetición con el robot educativo programable Cubetto®. *Revista Innovaciones Educativas*, 24(37), 133-148. <https://dx.doi.org/10.22458/ie.v24i37.4022>
- Bakala, E., Gerosa, A., Hourcade, J. P., & Tejera, G. (2021). Preschool children, robots, and computational thinking: A systematic review. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 29, em100337.

- Barrera Ariza, H. M. (2024). Habilidades del pensamiento computacional y la robótica educativa en estudiantes de educación inicial y básica: Una revisión sistemática desde la literatura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8 (1), 8798-8809. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.102092024
- Berciano-Alcaraz, A., Salgado-Somoza, M., & Jiménez-Gestal, C. (2022). Alfabetización computacional en educación infantil: Dificultades y posibilidades en el uso de la robótica educativa. *Revista Electrónica Educare*, 26(2), 1-21.
- Bizarro Torres, N., Luengo González, R., & Carvalho, J. L. (2018). Roamer, un robot en el aula de Educación Infantil para el desarrollo de nociones espaciales básicas. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, 28, 14-28.
- Del Álamo Venegas, J.J., Alonso Díaz, L., Yuste Tosina, R., & López Ramos, V. (2021). La dimensión educativa de la robótica: Del desarrollo del pensamiento al pensamiento computacional en el aula. *Campo Abierto*, 40(2), 221. <https://doi.org/10.17398/0213-9529.40>
- Diago, P. D., González-Calero, J. A., & Yáñez, D. F. (2022). Exploring the development of mental rotation and computational skills in elementary students through educational robotics. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 32, em100388.
- Gobierno de España. (2022). Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/02/01/95>
- González-González, C. S. (2019). Estado del arte en la enseñanza del pensamiento computacional y la programación en educación infantil. *La educación en la Sociedad del Conocimiento*, 20, 1-17. https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a17
- Israel-Fishelson, R., & Hershkovitz, A. (2022). Studying interrelations of computational thinking and creativity: A scoping review (2011–2020). *Computers & Education*, 176, em104353.
- Jiménez-Gestal C., Berciano A., & Salgado M. (2019). Cómo trabajar la orientación espacial de modo significativo en Educación Infantil: implicaciones didácticas. *Educación Matemática*, 31(2), 61-74. <https://doi.org/10.24844/em3102.03>
- Lijó-Sánchez, R., Díaz-Díaz, J. A., Hernández-Moreno, C., Zapatera-Llinares, A., Morales, A., Álamo-Rosales, J., & Quevedo-Gutiérrez, E. (2023). Intervención de Pensamiento Computacional en Educación Infantil en el Marco de la Ordenación Curricular Propuesta por la LOMLOE. (pp. 161-185).
- Pérez-Suay, A., García-Bayona, I., Van Vaerenbergh, S., & Pascual-Venteo, A. B. (2023). Assessing a didactic sequence for computational thinking development in early education using educational robots. *Education Sciences*, 13(7), em669. <https://doi.org/10.3390/educsci13070669>
- Salgado, M., Berciano, A., & Abad-Villaverde, B. (2024). Mathematical argumentation of three-year-old children on a classroom experience based on two STEAM domains. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(2), em2402. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14187>
- Sánchez Vera, M. M. (2021). La robótica, la programación y el pensamiento computacional en la educación infantil. *Infancia, Educación y Aprendizaje*, 7(1), 209-234. Recuperado de <http://revistas.uv.cl/index.php/IEYA/index>
- Terroba, M., Ribera, J.M., & 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.
- Zapata, J.M., Jameson, E., Zapata-Ros, M. & Merrill, D. (2021). El Principio de Activación en el Pensamiento Computacional, las Matemáticas y el STEM. *Revista de Educación a Distancia*, 68(21), Artículo 10. <https://doi.org/10.6018/red.480411>