



La Robótica en el Área de Matemáticas en Educación Primaria. Una Revisión Sistemática

Robotics in the Area of Mathematics in Primary Education. A Systematic Review

 Ismael Ruiz Ortiz. Ismael.p310@gmail.com

Universitat de València (España)

Resumen

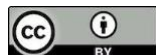
El presente estudio revisa la literatura científica publicada recientemente acerca del uso e impacto de la robótica en el área de Matemáticas en Educación Primaria, con el objetivo de: (a) analizar y evaluar la calidad de la literatura científica disponible; (b) investigar el uso que se le da a la robótica como herramienta pedagógica en la etapa y área nombradas anteriormente; (c) identificar y analizar las principales tendencias y hallazgos en la literatura científica con el uso de la robótica. La búsqueda se realizó en las bases de datos Dialnet, Scopus, WoS y EBSCOhost. Los resultados sugieren que la robótica educativa generalmente actúa como un elemento de mejora en el aprendizaje, mejorando sus habilidades de pensamiento computacional y resolución de problemas y sus habilidades espaciales. No obstante, este no es siempre el caso, debido al hecho de que existen estudios que informan de situaciones en las cuales no existe mejora en el aprendizaje. Dichos resultados se discuten en términos de sus implicaciones para investigaciones futuras y, a su vez, pueden proporcionar información útil e interesante para educadores, profesionales del sector e investigadores.

Palabras clave: Educación Primaria; Robótica; Tecnología de la Educación; Innovación Educativa

Abstract

The present study reviews the recently published scientific literature on the use and impact of robotics in the area of Mathematics of Primary Education, with the aim of: (a) analyzing and evaluating the quality of the available scientific literature; (b) investigating the use of robotics as a pedagogical tool in the stage and area mentioned above; (c) identifying and analyzing the main trends and findings in the scientific literature on the use of robotics. The search was conducted in the databases Dialnet, Scopus, WoS and EBSCOhost. The results suggest that educational robotics generally acts as an element of learning enhancement, improving their computational thinking and problem solving skills and their spatial skills. However, this is not always the case, due to the fact that there are studies that report situations in which there is no improvement in learning. These results are discussed in terms of their implications for future research and, in turn, may provide useful and interesting information for educators, practitioners and researchers.

Keywords: Primary Education; Robotics; Educational Innovation; Educational Technology; Educational Technology



1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, caracterizado por la complejidad y dinamismo de los avances tecnológicos y los cambios sociales, se hace cada vez más necesario replantear los modelos educativos para dotar al alumnado de habilidades creativas, resolución de problemas y competencias técnico-científicas que les permitan enfrentar los desafíos inciertos del futuro. Al respecto, la robótica en la educación emerge como una herramienta innovadora y pedagógica que combina tecnología y sociedad, y que se manifiesta en la programación, construcción y manipulación de plataformas robóticas, tal como señalan García (2015) y Karim et al. (2015).

De hecho, la robótica se ha consolidado como una estrategia educativa cada vez más relevante, debido a su capacidad para motivar y despertar el interés del alumnado por la materia, como han constatado diversos estudios, incluyendo el de Mubin et al. (2012). Asimismo, se ha comprobado que la robótica permite el desarrollo de los objetivos, las competencias y los contenidos de las materias de manera lúdica y práctica, lo que mejora la comprensión y la capacidad de aplicación de estos (Arabit & Prendes, 2020).

Además, la utilización de la robótica en los centros educativos no solo favorece el aprendizaje de habilidades técnicas, sino que también promueve la colaboración, el trabajo en equipo, la creatividad y la resolución de problemas, como han constatado diversos autores, entre ellos Benitti (2012), Varney et al. (2012) y Zawieska y Duffy (2015). Todas estas habilidades son fundamentales en el siglo XXI, en una sociedad cada vez más digital y dependiente de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). En este sentido, la robótica aparece como un recurso pedagógico que contribuye al desarrollo de competencias y habilidades transversales en el alumnado, que les permitirán enfrentar los desafíos complejos y cambiantes del mundo actual (Arabit & Prendes, 2020).

De esta manera, la robótica ha experimentado un crecimiento exponencial en el sector educativo en las últimas décadas, y su presencia en las aulas y hogares se ha vuelto cada vez más frecuente. Sin embargo, es esencial reflexionar sobre el propósito de esta tecnología en la educación, ya que su finalidad no solo se limita a la adquisición de conocimientos, sino que busca fomentar competencias básicas y necesarias para la sociedad actual, como el aprendizaje colaborativo, la cooperación y la toma de decisiones en equipo (Educativa, 2011).

Dicha robótica educativa se implementa en las aulas como un sistema interdisciplinario que permite a los estudiantes desarrollar las áreas de ciencias a través de proyectos STEAM, altamente relacionados con la tecnología y la ingeniería. El objetivo principal de estos proyectos es el diseño y resolución de problemas mediante la construcción de objetos técnicos, acercando así disciplinas que pueden estar alejadas del currículo de Educación Primaria (Suárez et al., 2018). De esta manera, se introduce a los estudiantes en el método científico y se les anima a buscar y descubrir diferentes caminos para resolver problemas o cuestiones, fomentando el pensamiento lógico, la imaginación y una actitud crítica.

Además, la robótica educativa asegura la parte manipulativa de los objetos robóticos, lo que es fundamental para los estudiantes de esta etapa educativa que se encuentran en el periodo de las operaciones concretas de su desarrollo (Piaget, 1998). Esta edad es propicia para el planteamiento y resolución de problemas abiertos o semiabiertos mediante objetos

manipulativos, como ocurre en la tecnología mencionada y los proyectos STEAM. Por tanto, el uso de la robótica en la educación no solo fomenta la adquisición de conocimientos técnicos y científicos, sino que también promueve el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo en equipo, habilidades fundamentales para los estudiantes en el siglo XXI.

En línea con lo expuesto, hay una gran cantidad de estudios que han investigado los posibles beneficios del uso de robots en la educación. En cuanto al rendimiento académico, algunas investigaciones han encontrado una mejora cuantificable al utilizar robots en el proceso de aprendizaje de los estudiantes (Barak & Zadok, 2009; Kazakoff et al., 2013). Además, la investigación ha revelado resultados positivos en términos de interés y motivación del alumnado al trabajar con robots en las aulas (Mubin et al., 2012).

La robótica educativa también se ha demostrado ser una herramienta efectiva para fomentar las habilidades de trabajo en equipo y las habilidades sociales entre los estudiantes, ya que les conduce a la discusión, resolución conjunta de problemas y el trabajo colaborativo (Mitnik et al., 2008; Varney et al., 2012). En cuanto a la creatividad, dicha tecnología fomenta el pensamiento inventivo y la solución creativa e imaginativa de los problemas, en el proceso de programación, construcción y manipulación de plataformas robóticas (Zawieska & Duffy, 2015).

Aunque existen algunas contradicciones en la literatura científica, la mayoría de los estudios han demostrado una mejora en las habilidades de resolución de problemas gracias al uso de robots en la educación (Sullivan, 2008). No obstante, algunos estudios no han encontrado resultados concluyentes sobre esta habilidad (Williams et al., 2007).

En el presente trabajo, se realizará un análisis de la literatura científica existente actual acerca del uso de la robótica en el área de Matemáticas en la etapa de Educación Primaria. Se buscará identificar y evaluar dicha evidencia científica disponible sobre la robótica como herramienta pedagógica y se destacarán las principales tendencias y hallazgos en este campo de investigación. A su vez, se discutirán las implicaciones de dichos hallazgos para la práctica docente en la nueva sociedad de la información y se proporcionarán recomendaciones para futuras investigaciones en dicho sector.

2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La presente revisión sistemática parte de la pregunta: ¿cómo se utiliza y contribuye la robótica como herramienta pedagógica para mejorar el aprendizaje en el área de Matemáticas en la etapa de Educación Primaria? Para responder de manera correcta y concisa a dicha cuestión se establecen varias preguntas específicas que, a su vez, servirán para la posterior codificación de las dimensiones a analizar:

Tabla 1

Preguntas y dimensiones a codificar

Preguntas	Codificación
P1 - ¿Qué tamaño de la muestra tienen los estudios?	Tamaño de la muestra
P2 - ¿En qué curso académico se han desarrollado estas experiencias?	Curso académico
P3 - ¿Qué robots se han utilizado en las investigaciones?	Robots empleados

Preguntas	Codificación
P4 - ¿Qué tipo de estudio estadístico se utiliza en las publicaciones?	Tipo de estudio estadístico
P5 - ¿Cuál es el diseño de la investigación empleado en los artículos científicos?	Diseño de la investigación
P6 - ¿Qué instrumentos de recogida de datos se utilizan en las experiencias?	Instrumentos de recogida de datos
P7 - ¿Cuál es el diseño metodológico utilizado en los estudios?	Diseño metodológico
P8 - ¿Cuáles son los objetivos marcados en las distintas investigaciones?	Objetivos
P9 - ¿Cuáles son los resultados que exponen las publicaciones?	Resultados

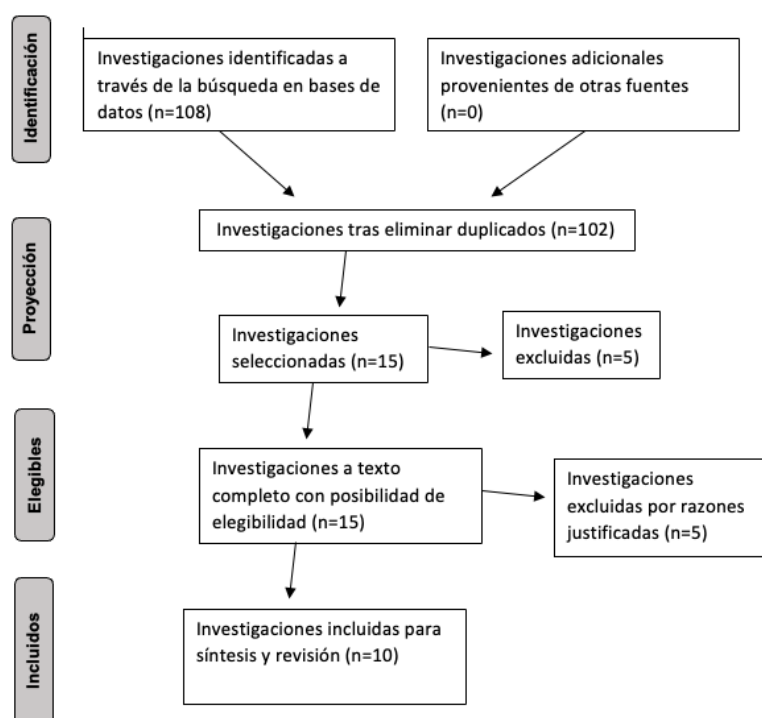
3. MÉTODO

Esta investigación se lleva a cabo con un enfoque inductivo cuyo objetivo general es analizar el uso y la contribución de la robótica como herramienta pedagógica para la mejora en la materia de Matemáticas en la etapa de Educación Primaria. Con el fin de lograr este objetivo, se realiza un riguroso análisis sistemático de la documentación disponible en la materia en las bases de datos Dialnet, Scopus, EBSCOhost y WoS.

La revisión sistemática se presenta como una herramienta fundamental que permite la síntesis y la extracción de información valiosa a partir de estudios primarios originales (Ferreira et al., 2011). Para su correcta elaboración, se han seguido las directrices expuestas en la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, Page et al., 2021).

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA



Los operadores utilizados en el presente trabajo para establecer relaciones lógicas entre los términos en las ecuaciones de búsqueda han sido los siguientes:

- Rob?tic* AND Mat* AND Educació* Prim*
- Rob?tic* AND Mat* AND Primary School
- Rob?tic* AND Mat* OR Mathematics AND Primary School OR Elementary School

Se utilizaron únicamente los operadores AND y OR, debido al hecho de que no se quería perder artículos o documentos que pudieran resultar útiles para la investigación utilizando el operador NOT.

Llegados a este punto, se establecen los criterios de inclusión y exclusión con el fin de seleccionar los artículos para su posterior análisis, siendo estos los siguientes:

Tabla 2

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
11. Artículos dirigidos a la etapa de Educación Primaria.	E1. Artículos dirigidos a la enseñanza no formal.
12. Estudios empíricos.	E2. Publicaciones orientadas a otras etapas educativas.
13. Textos completos disponibles.	E3. Artículos que versan sobre las perspectivas, pensamientos u opiniones de docentes y discentes acerca de la robótica en educación.
14. Artículos que analicen el uso de la robótica en Matemáticas en la etapa de Educación Primaria.	E4. Texto incompleto o no accesible.
15. Publicaciones que evalúen la efectividad del uso de la robótica en el área de Matemáticas.	E5. Trabajos de Final de Grado, Trabajos de Final de Máster, Tesis Doctorales y ponencias.
16. Estudios y experiencias realizadas en Educación Primaria con robots.	E6. Revisiones sistemáticas y/o metaanálisis.

4. RESULTADOS

Tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión y después de la eliminación de aquellos artículos duplicados, se identificaron un total de 10 publicaciones que se detallan a continuación:

Tabla 3

Documentos seleccionados para la revisión sistemática

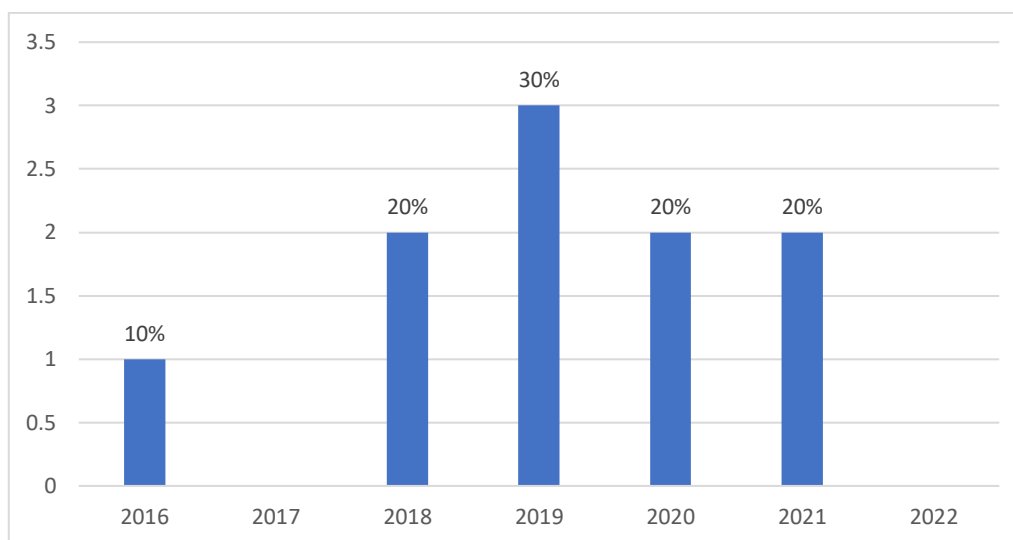
ID	Título	Autoría
1	Análisis del efecto de la robótica en la motivación de estudiantes de tercero de Educación Primaria durante la resolución de tareas de interpretación de planos.	Merino et al. (2018)
2	Estudio exploratorio sobre lenguajes simbólicos de programación en tareas de resolución de problemas con Bee-bot.	Pérez y Diago (2018)

ID	Título	Autoría
3	Educational robotics in primary school: Measuring the development of computational thinking skills with the bebras tasks.	Chiazzese et al. (2019)
4	The influence of SRA programming on algorithmic thinking and self-efficacy using lego robotics in two types of instruction.	Franchamps et al. (2021)
5	Robot tutoring of multiplication: Over one-third learning gain for most, learning loss for some.	Hoorn et al. (2021)
6	Developing an interactive environment through the teaching of mathematics with small robots.	Muñoz et al. (2020)
7	Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria.	Casado y Checa (2020)
8	Spatial hability learning through educational robotics.	Julià y Antolí (2016)
9	Nurture interest-driven creators in programmable robotics education: An empirical investigation in primary school settings.	Kongs y Wang (2019)
10	The Effect of Programming on Primary School Student's Mathematical and Scientific Understanding: Educational Use of mBot.	Sáez et al. (2019)

El año en el que se han localizado un mayor número de publicaciones es el 2019 con 3 artículos, seguido de los años 2018, 2020 y 2021 con 2 publicaciones cada uno; por último, se encuentra el año 2016 con una única publicación, como se muestra en la figura 2.

Figura 2

Distribución por años de las publicaciones seleccionadas



A continuación, se exponen los diferentes resultados obtenidos en el presente trabajo.

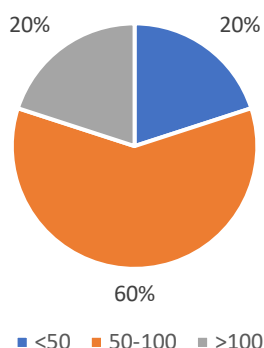
4.1. Tamaño de la muestra

Al examinar con detenimiento el tamaño de la muestra de los estudios seleccionados, es evidente que solamente dos de ellos (estudios 2 y 8) ostentan un número de participantes inferior a los 50 estudiantes. Por otro lado, las publicaciones 1, 3, 4, 5, 7 y 10 se sitúan dentro de un rango que oscila entre 50 y 100 estudiantes. En contraposición, únicamente los estudios 6 y 9, presentan una muestra superior a los 100 estudiantes, demostrando la gran complejidad y envergadura de sus investigaciones.

Con el fin de ofrecer una representación visual clara y concisa de estos hallazgos, se incluye a continuación la figura 3 que recoge de forma resumida los porcentajes relativos al tamaño de la muestra.

Figura 3

Porcentajes del tamaño de la muestra de los estudios seleccionados



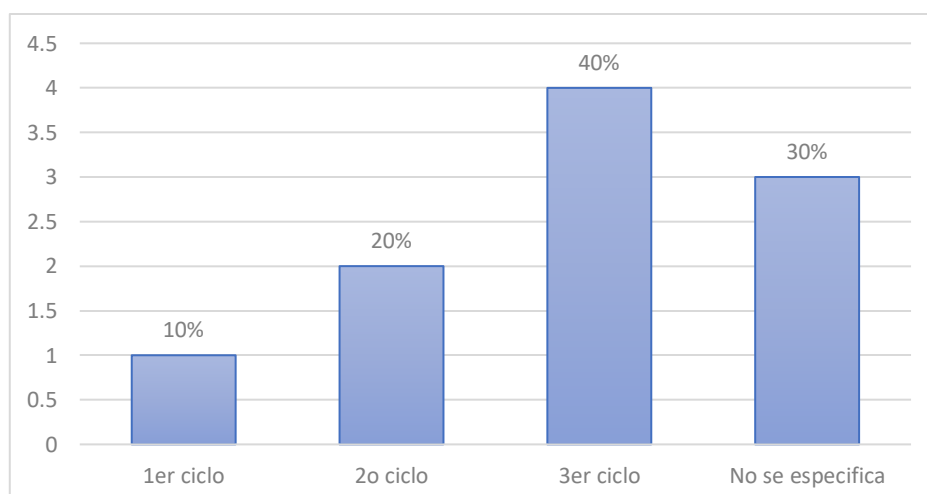
4.2. Curso académico

Tras un riguroso análisis del curso académico hacia el que van destinadas las publicaciones seleccionadas, se puede inferir que el 40% de los artículos están enfocados en el 3er ciclo de Educación Primaria, es decir, los cursos de 5º y 6º de esta etapa. Sorprendentemente, un 20% de los estudios se concentran en los cursos de 3º y 4º de Primaria (2º ciclo), lo que evidencia la importancia que se concede a esta etapa en la investigación educativa. Por su parte, un 10% de las investigaciones se han llevado a cabo en los primeros cursos de dicha etapa, es decir, en 1º y 2º de Educación Primaria, lo que demuestra la necesidad de comprender cómo se desarrollan las habilidades y competencias básicas en los primeros años de aprendizaje.

No obstante, es importante destacar que un 30% de las publicaciones seleccionadas no especifican con claridad el curso académico al que van dirigidas, aunque se hace referencia a su enfoque en la etapa de Educación Primaria.

Figura 4

Distribución por curso académico de los estudios analizados



4.3. Robots utilizados

En el análisis de los estudios se observa que los robots mBot y Bee-bot lideran la preferencia de los investigadores, siendo los más utilizados en dos estudios distintos cada uno. Sin embargo, es importante destacar que en el estudio 5 se emplearon tres robots diferentes: Humanoid, Puppy y Droid, lo que pone de manifiesto la riqueza y diversidad que ofrece la robótica educativa.

Asimismo, en el estudio 8 se utilizaron el Universal 3, el ROBO LT Beginner Lab y el Oeco Tech, evidenciando que la experimentación con diversas herramientas tecnológicas para el aprendizaje es clave para un enfoque pedagógico más completo y enriquecedor.

Tabla 4

Robots utilizados en los estudios seleccionados

Robot	N.º de experiencias	ID
mBot	2	9, 10
Universal 3	1	8
ROBO LT Beginner Lab	1	8
Oeco Tech	1	8
Materiales de VEX IQ	1	7
Bee-bot	2	3, 6
Humanoid	1	5
Puppy	1	5
Droid	1	5
Mindstroms	1	4
Plataforma web	1	3
Ozobot	1	1

4.4. Diseño de la investigación

La preponderancia de los estudios de corte transversal es evidente en la presente revisión sistemática, dado que todos los trabajos seleccionados comparten esta metodología de investigación. En términos más precisos, se puede afirmar que en todos los estudios examinados se llevó a cabo una intervención de corto plazo.

4.5. Diseño metodológico

La tabla 12 muestra que solo un estudio (5) utiliza una metodología mixta, mientras que el resto son de tipo cuantitativo. Sin embargo, es importante destacar que el estudio 5 también incluye una parte cuantitativa en su investigación. Esto podría deberse a que la mayoría de los estudios

en la revisión sistemática se centran en la mejora del aprendizaje de las Matemáticas, lo que se presta a un enfoque cuantitativo.

Tabla 6

Tipo de estudio estadístico de las publicaciones analizadas

Diseño Metodológico	ID
Cuantitativo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
Cualitativo	-
Mixto	5

4.6. Instrumentos de recogida de datos

La tabla 7 muestra una clara inclinación hacia el uso de cuestionarios *ad hoc* (3, 5, 9, 10) (40%) y pruebas Pre-test y Post-test (4, 5, 6, 7, 8) (40%) en la recopilación de datos, mientras que solo el 10% de las publicaciones emplean cuestionarios adaptados de otros (1), grabaciones en video (2) y observaciones sistemáticas (10).

Es interesante destacar que, en los estudios 5 y 10, se han utilizado múltiples instrumentos de recopilación de datos, como el cuestionario *ad hoc* y las pruebas Pre-test y Post-test en el estudio 5, y el cuestionario *ad hoc* y la observación sistemática en el estudio 10. Estos hallazgos sugieren que estos estudios han definido claramente los recursos utilizados y la forma en que se han implementado. En contraste, en los demás estudios, solo se ha utilizado un método de recopilación de datos.

Tabla 7

Instrumentos de recogida de datos de los estudios analizados

ID	Instrumentos Recogida Datos
1	Cuestionario adaptado a partir del Instructional Material Motivational Survey (IMMS), elaborado por Keller (1983. Citado en Armero, J. M. M., Taranilla, R. V., Somoza, J. A. G.-C., y Gutiérrez, R. C., 2018).
2	Grabaciones de video.
3	Cuestionario diseñado <i>ad hoc</i> .
4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pre-test para saber el punto de partida en cuanto a las habilidades matemáticas y autoeficacia. ▪ Post-test para medir la capacidad y calidad de programación, la habilidad matemática y la autoeficacia.
5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pre-test y Post-test cuantitativo sobre las tablas de multiplicar. ▪ Post-test (cuestionario) cualitativo <i>ad hoc</i> con el fin de medir el vínculo afectivo usuario-robot.
6	Pre-test y Post-test con una rúbrica adaptada de "rúbrica SSS" del grupo de investigación DevTech.
7	Test CREA de Inteligencia Creativa (Corbalán et al., 2003. Citado en Casado Fernández, R., y Checa Romero, M., 2020), a través de un diseño Pre-test/Post-test.
8	Se realizó un Pre-test y un Post-test estructurados en 4 subpruebas, 3 de ellas basadas en la propuesta de Bakker (2008. Citado en Julià, C. y Antolí, J. Ò., 2016) y la otra subprueba seleccionada fue la Prueba de Toma de Perspectiva/Orientación espacial (Hegarty y Waller 2004. Citado en Julià, C. y Antolí, J. Ò., 2016).
9	Cuestionario elaborado por 6 expertos de 21 ítems acerca de interés, eficacia creativa, significado, impacto, creación de robótica y aprendizaje elaborado.
10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuestionario <i>ad hoc</i> que midió los resultados de las pruebas realizadas. ▪ Escala de estimación derivada de la técnica de observación participante. ▪ Triangulación de los/as participantes observacionales.

4.7. Tipo de estudio estadístico

Al analizar la tabla 5, se aprecia que el 70% de las publicaciones revisadas han sido sometidas a una metodología de investigación cuasiexperimental, siendo los estudios 1, 2, 3, 5, 7, 8 y 10 los representantes de esta tendencia. Los estudios observacionales, por su parte, conforman un 10% (tal y como se evidencia en el estudio número 10), mientras que un 30% de las publicaciones se han llevado a cabo bajo una metodología experimental (concretamente, las publicaciones 4, 6 y 9).

Tabla 5

Tipo de estudio estadístico de las publicaciones analizadas

Tipo de estudio	ID
Observacional	10
Experimental	4, 6, 9
Cuasiexperimental	1, 2, 3, 5, 7, 8, 10

4.8. Objetivos

En la tabla 8 se muestran los diferentes objetivos que fueron establecidos en los estudios seleccionados para la presente revisión sistemática.

Tabla 8

Objetivos establecidos por las investigaciones analizadas

ID	Objetivo/s
1	Analizar el grado de motivación del alumnado perteneciente al tercer curso de Educación Primaria.
2	<ul style="list-style-type: none">Explorar la capacidad para esbozar y elaborar programas mediante su propio lenguaje (gestual, verbal o de signos).Determinar si aquellos problemas que no han podido ser resueltos sin hacer uso del lenguaje simbólico de las tarjetas pueden resolverse haciendo uso de ellas.
3	Investigar las diferencias en el impacto del laboratorio de robótica.
4	Encontrar respuestas sobre si la programación de SRA utilizando robots programables en diferentes tipos de instrucción conduce a un aumento del pensamiento algorítmico y proporciona un mayor nivel de autoeficacia.
5	Investigar si los robots pueden tener efectos beneficiosos en el aprendizaje de las tareas aritméticas sin preocuparse demasiado por cuestiones sociales, relacionales o antropomórficas, facilitando así el despliegue de robots de tutoría de una manera inclusiva y a menores costos.
6	Diseñar, desarrollar e implementar robótica educativa para mejorar las habilidades lógico-matemática utilizando robots educativos programables.
7	<ul style="list-style-type: none">Analizar y constatar mejoras en la creatividad a partir de un taller pedagógico que incorporaba la utilización de proyectos STEAM y robótica.Analizar los productos desarrollados por los estudiantes a través de una competición regulada por un comité de expertos.

-
- 8
 - Analizar la utilidad potencial de la robótica educativa en el desarrollo de habilidades espaciales.
 - Determinar si los estudiantes que participaron en las sesiones de robótica desarrollan habilidades espaciales de una manera más significativa que los que no participaron en las sesiones de robótica.
 - 9
 - Explorar cómo fomentar el interés y la creación en la educación de robótica programable.
 - Estimular y mantener los intereses de los estudiantes hacia el aprendizaje de la robótica y equiparlos con conocimientos y habilidades críticas, para que puedan ser efectivos en la resolución de problemas con soluciones más creativas en el futuro.
 - 10 Analizar el potencial de la programación de bloques visuales y la robótica para su uso en Educación Primaria.
-

4.9. Resultados

A grandes rasgos, en la tabla 9 se puede apreciar que en la mayoría de las publicaciones seleccionadas se ha conseguido demostrar que la utilización de la robótica en la etapa de Educación Primaria tiene unos beneficios claros para la motivación, el interés, la resolución de problemas, etc.

Cabe destacar que, en el estudio número 7 se explicita que las intervenciones con robots y los proyectos STEAM por sí solos no consiguen buenos resultados en el aprendizaje del alumnado, sino que, más bien, es necesario tener en cuenta cómo se llevan a cabo dichos recursos para poder obtener beneficios en el proceso de aprendizaje de los niños. Asimismo, también se matiza en el estudio número 3 que el alumnado de tercer grado de Educación Primaria obtiene mejores resultados que el alumnado perteneciente al 4º curso de la misma etapa educativa.

Tabla 9

Resultados expuestos en los diferentes estudios analizados

ID	Resultados
1	Los resultados manifiestan mejores niveles de la motivación en el alumnado que emplea robots, con valores superiores al grupo de control en todas las dimensiones evaluadas.
2	Las tareas de resolución de problemas de programación permiten a los estudiantes desarrollar su competencia en resolución de problemas.
3	Los resultados mostraron que la programación de artefactos robóticos puede ejercer un impacto positivo en el aprendizaje de las habilidades de pensamiento computacional por parte de los estudiantes. Además, se encontró que el efecto de la intervención era mayor entre los/as niños/as de tercer grado.
4	<ul style="list-style-type: none">▪ La SRA tiene un efecto positivo en las habilidades matemáticas de los encuestados.▪ Los/as alumnos/as que programan robots Lego con un enfoque SRA aplican más algoritmos, construyen algoritmos más correctos y resuelven algoritmos más difíciles.▪ La programación de SRA conduce a un mayor grado de autoeficacia.
5	Los resultados muestran que pueden producirse tendencias de unión afectivas, pero no contribuyeron significativamente al progreso del aprendizaje de estos niños, lo que tal vez se debió al corto período de interacción. Sin embargo, 5 minutos de tutoría de robots mejoraron sus puntuaciones en aproximadamente un 30 %, mientras que el rendimiento solo disminuyó para unos pocos niños con problemas.
6	En términos generales, los valores indican que los estudiantes obtuvieron un nivel favorable de rendimiento en los diferentes desafíos propuestos.

ID	Resultados
7	La incorporación de las herramientas educativas como la robótica y los proyectos STEAM en las aulas de Educación Primaria, resulta muy beneficiosa para los/as estudiantes, ya que favorece su capacidad creativa para la resolución de problemas. Sin embargo, la robótica o los proyectos STEAM, por sí solos, no pueden mejorar el aprendizaje ni las habilidades analizadas. Para ello, es fundamental la utilización que se haga de ellos en las escuelas.
8	Los resultados muestran que los estudiantes que se unieron al curso de robótica demostraron un mayor aumento en sus habilidades espaciales en comparación con el aumento demostrado por los estudiantes que no participaron en el curso de robótica.
9	Las actividades de robótica son útiles y beneficiosas para los estudiantes jóvenes en términos de resultados académicos, especialmente en contextos de escuela primaria. Asimismo, los resultados sugirieron la importancia de aumentar el interés del alumnado en el aprendizaje de la robótica con el fin de que puedan convertirse en creadores motivados/as para su continuo aprendizaje.
10	Se lograron mejoras estadísticamente significativas en la comprensión de conceptos matemáticos y en la adquisición de conceptos computacionales, a partir de una práctica pedagógica activa que infunde motivación, entusiasmo, compromiso, diversión e interés.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A lo largo de la presente revisión sistemática, se ha constatado que el uso de la robótica en el aula de Matemáticas de Educación Primaria es una herramienta efectiva para mejorar el rendimiento académico y la motivación del alumnado. A través de la exhaustiva exploración de la literatura científica, se han analizado diversos estudios que evalúan el impacto de la incorporación de robots en las aulas en el aprendizaje matemático de los estudiantes en dicha etapa educativa.

Los resultados obtenidos en estas investigaciones sugieren que la robótica puede ser una herramienta de gran valor para mejorar no solo las habilidades matemáticas de los estudiantes (Barak & Zadok, 2009; Kazakoff et al., 2013; Sullivan, 2008), sino también su comprensión de los conceptos clave, la creatividad en la resolución de problemas (Zawieska & Duffy, 2015) y el pensamiento computacional (Fletcher & Lu, 2009; Guzdial, 2008; J. M. Sáez & Cózar, 2017; Vivas & Sáez, 2019). Además, estos estudios también han demostrado que la robótica es capaz de generar altos niveles de motivación y compromiso entre los estudiantes, lo que puede mejorar su actitud hacia las Matemáticas en general y aumentar su interés en aprender más acerca de esta materia (Mitnik et al., 2008; Mubin et al., 2012; Varney et al., 2012).

A lo largo del análisis de la literatura, se destaca un estudio que examina el impacto de la robótica en la motivación del alumnado (Merino et al., 2018). Los resultados demuestran un aumento significativo en la motivación de los estudiantes que utilizaron robots en comparación con el grupo de control que no los utilizó en el proceso de aprendizaje. Este hallazgo sugiere que la incorporación de la robótica educativa puede ser un factor clave en la promoción de la motivación y el interés de los estudiantes, lo que a su vez, se traduce en una mayor participación en la clase y una mejor predisposición hacia el aprendizaje.

Además, se ha observado que la utilización de la robótica en el aula tiene un impacto positivo en el rendimiento del alumnado en términos de habilidades espaciales, pensamiento computacional y resolución de problemas, tal como se ha señalado en secciones anteriores y se corrobora en otros estudios examinados. En este sentido, la robótica educativa no solo

mejora la motivación y la participación de los estudiantes, sino que también puede fomentar el desarrollo de habilidades clave en el aprendizaje de las matemáticas en Educación Primaria.

Tras llevar a cabo una minuciosa búsqueda y análisis de la literatura científica disponible sobre el tema abordado en este estudio, se han podido extraer conclusiones significativas respecto a los objetivos planteados:

- La incorporación de robots en el proceso de enseñanza permite el desarrollo de habilidades académicas en Matemáticas sumamente valiosas para los estudiantes, tales como el pensamiento computacional, la capacidad de resolver problemas y habilidades espaciales.
- La utilización de la robótica educativa fomenta la motivación y el interés de los alumnos, siempre y cuando el contenido sea relevante y pertinente para su contexto.
- La robótica educativa también brinda una excelente oportunidad para el trabajo colaborativo y cooperativo entre los estudiantes, lo que a su vez contribuye a su formación integral.
- De las intervenciones analizadas, se destaca el uso frecuente de los robots Bee-bot y mBot.
- Es importante destacar que la robótica educativa es aplicable en cualquier nivel académico, lo que la convierte en una herramienta versátil y eficaz para el aprendizaje de las Matemáticas.

En conclusión, la revisión de la literatura indica que la inclusión de robots en la educación puede generar un impacto positivo en el aprendizaje de las Matemáticas, fomentar la motivación y el interés de los estudiantes, y propiciar el trabajo colaborativo y cooperativo. Por tanto, la robótica educativa representa una estrategia innovadora y altamente efectiva para el mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Del mismo modo, resulta esencial resaltar las limitaciones inherentes a cualquier revisión sistemática, ya que estas pueden afectar su validez y confiabilidad. Es importante mencionar algunas de ellas que, tal vez, afecten al presente trabajo:

- Sesgo de publicación: la revisión sistemática puede estar sujeta a un sesgo debido a la falta de estudios y publicaciones negativas o no significativas sobre el tema en cuestión. Este tipo de sesgo puede distorsionar las conclusiones de la revisión, ya que los resultados negativos o no significativos no son reportados con la misma frecuencia que los resultados positivos.
- Sesgo de información: la calidad de los datos recopilados y analizados en los estudios incluidos en la revisión puede influir en la eficacia del trabajo. Si los datos son imprecisos, incompletos o inadecuados, esto puede tener un impacto negativo en la precisión de las conclusiones de la revisión.
- Variabilidad en los estudios: los estudios incluidos en la revisión sistemática pueden variar significativamente en cuanto a la muestra, la intervención o el tratamiento, los resultados medidos y otros factores importantes. Esta variabilidad puede dificultar la comparación y síntesis de los datos, lo que a su vez puede afectar la validez y fiabilidad de la revisión.

- Limitaciones en la búsqueda: Aunque se han utilizado cuatro bases de datos (Dialnet, Scopus, WoS y EBSCOhost), esto puede limitar la búsqueda de estudios relevantes publicados en otras bases de datos, lo que a su vez puede afectar la validez de la revisión. Es importante tener en cuenta que existe el riesgo de perder información valiosa al restringir la búsqueda a un conjunto limitado de bases de datos.

En aras de avanzar en la comprensión del impacto de la robótica educativa en el aprendizaje de las Matemáticas en Educación Primaria, es preciso abordar nuevas cuestiones que orienten futuras investigaciones en este ámbito. En este sentido, se plantean las siguientes preguntas: ¿Existe una relación directa entre la utilización de la robótica educativa y el éxito académico del alumnado? ¿Cuál es el efecto a largo plazo de la incorporación de robots en el aula en el rendimiento matemático y el interés por las matemáticas de los estudiantes? ¿Qué factores son determinantes para la efectividad de la robótica en la enseñanza de las Matemáticas en Educación Primaria y cómo pueden ser optimizados para maximizar su impacto en el aprendizaje? Asimismo, es importante explorar la manera más efectiva de utilizar los robots en el aula y determinar qué tipo de actividades y tareas son más adecuadas para la enseñanza de las Matemáticas. Finalmente, se debe investigar el papel que desempeña el diseño y la programación de los robots en la mejora del aprendizaje matemático de los estudiantes y cómo se puede optimizar este proceso para maximizar su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

6. RECOMENDACIONES PARA LA PRÁCTICA

La robótica educativa en el entorno escolar mejora el aprendizaje de las Matemáticas en Educación Primaria. Los docentes deben introducir esta disciplina como herramienta pedagógica para la mejora del pensamiento computacional y la resolución de problemas. Además de su aplicación académica, estimula la creatividad y la experimentación en los estudiantes, por lo que se recomienda su uso innovador y transgresor en el ámbito escolar.

La integración de la robótica debe ser cohesionada y planificada en armonía con el currículo establecido. Se sugiere la colaboración con especialistas para desarrollar actividades que se fusionen con el currículo y brinden una perspectiva educativa efectiva. Es necesario proporcionar a los docentes una formación sólida en esta disciplina y las instituciones educativas deben ofrecer recursos formativos y programas de capacitación.

La evaluación del impacto de dicha herramienta en el aprendizaje es crucial. Se recomienda realizar evaluaciones formativas y sumativas para medir el progreso de los estudiantes en Matemáticas. Esto permitirá implementar estrategias pedagógicas adecuadas a las necesidades de los estudiantes.

La colaboración y el trabajo en equipo se fomentan mediante la robótica educativa, por lo que se alienta a los docentes a diseñar actividades que promuevan la colaboración entre los estudiantes. Además, se insta a adaptar la robótica a las habilidades y necesidades individuales de los alumnos, brindándoles un sentido de pertenencia y empoderamiento en su aprendizaje.

Asimismo, también cultiva la reflexión y el pensamiento crítico, animando a los estudiantes a analizar y evaluar sus soluciones y reflexionar sobre el proceso de aprendizaje. Se recomienda

promover el uso de la robótica educativa en contextos prácticos y reales, aplicando los conceptos matemáticos en situaciones relevantes.

Dado que la robótica educativa está en constante evolución, se recomienda que los docentes se mantengan actualizados participando en conferencias, talleres y programas de formación en este campo.

7. REFERENCIAS

- Arabit, J., & Prendes, M. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: Análisis de necesidades. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 57, 107-128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>
- Barak, M., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 289-307. <https://doi.org/10.1007/s10798-007-9043-3>
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Casado, R., & Checa, M. (2020). Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 58, 51-69. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>
- Chiazzese, G., Arrigo, M., Chifari, A., Lonati, V., & Tosto, C. (2019). Educational Robotics in Primary School: Measuring the Development of Computational Thinking Skills with the Bebras Tasks. *Informatics-Basel*, 6(4), 43. <https://doi.org/10.3390/informatics6040043>
- Educativa, D. D. (2011). *Guía Didáctica para el responsable del Programa de Robótica Educativa*. Sinaloa.
- Fanchamps, N. L. J. A., Slagen, L., Hennissen, P., & Specht, M. (2021). The influence of SRA programming on algorithmic thinking and self-efficacy using Lego robotics in two types of instruction. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(2), 203-222. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09559-9>
- Ferreira, I., Urrútia, G., & Alonso, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: Bases conceptuales e interpretación. *Revista Española de Cardiología*, 64(8), 688-696. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.03.029>
- Fletcher, G. H., & Lu, J. J. (2009). Education Human computing skills: Rethinking the K-12 experience. *Communications of the ACM*, 52(2), 23-25.
- García, J. M. (2015). Robótica Educativa. La programación como parte de un proceso educativo. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46(8). <https://doi.org/10.6018/red/46/8>
- Guzdial, M. (2008). Education paving the way for computational thinking. *Communications of the ACM*, 51(8), 25-27.

- Hoorn, J. F., Huang, I. S., Konijn, E. A., & van Buuren, L. (2021). Robot Tutoring of Multiplication: Over One-Third Learning Gain for Most, Learning Loss for Some. *Robotics, 10*(1), 16. <https://doi.org/10.3390/robotics10010016>
- Julià, C., & Antolí, J. Ò. (2016). Spatial hability learning through educational robotics. *International Journal of Technology and Design Education, 26*(2), 185-203. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9307-2>
- Karim, M. E., Lemaignan, S., & Mondada, F. (2015). A review: Can robots reshape K-12 STEM education? *2015 IEEE International Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/ARSO.2015.7428217>
- Kazakoff, E. R., Sullivan, A., & 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>
- Kong, S.-C., & Wang, Y.-Q. (2019). Nurture interest-driven creators in programmable robotics education: An empirical investigation in primary school settings. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 14*(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0116-1>
- Merino, J. M., Villena, R., González-Calero, J. A., & Cózar, R. (2018). Análisis del efecto de la robótica en la motivación de estudiantes de tercero de Educación Primaria durante la resolución de tareas de interpretación de planos. *REXE: Revista de estudios y experiencias en educación, 2*(Extra 3), 163-173. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6479016>
- Mitnik, R., Nussbaum, M., & Soto, A. (2008). An autonomous educational mobile robot mediator. *Autonomous Robots, 25*(4), 367-382. <https://doi.org/10.1007/s10514-008-9101-z>
- Mubin, O., Bartneck, C., Feijs, L., Hooft van Huysduynen, H., Hu, J., & Muelver, J. (2012). Improving speech recognition with the Robot Interaction Language. *Disruptive Science and Technology, 1*(2), 79-88. <https://doi.org/10.1089/dst.2012.0010>
- Muñoz, L., Villarreal, V., Morales, I., González, J., & Nielsen, M. (2020). Developing an Interactive Environment through the Teaching of Mathematics with Small Robots. *Sensors, 20*(7), 1935. <https://doi.org/10.3390/s20071935>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología, 74*(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Pérez, G., & Diago, P. D. (2018). Estudio exploratorio sobre lenguajes simbólicos de programación en tareas de resolución de problemas con Bee-bot. *Magister: Revista miscelánea de investigación, 30*(1), 9-20.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6722240>

- Piaget, J. (1998). *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo* (5ª). Siglo veintiuno editores, s.a. de c.v.
- Sáez, J. M., & Cózar, R. (2017). Programación visual por bloques en Educación Primaria: Aprendiendo y creando contenidos en Ciencias Sociales. *Revista Complutense de Educación*, 28(2), 409-426. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2017.v28.n2.49381
- Sáez, J.-M., Sevillano, M.-L., & Vazquez, E. (2019). The Effect of Programming on Primary School Students' Mathematical and Scientific Understanding: Educational Use of mBot. *Educational Technology Research and Development*, 67(6), 1405-1425. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09648-5>
- Suárez, A., García, D., Martínez, P. A., & Martos, J. (2018). Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la Educación Primaria. *Magister: Revista miscelánea de investigación*, 30(1), 43-54. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6722243>
- Sullivan, F. R. (2008). Robotics and science literacy: Thinking skills, science process skills and systems understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 373-394. <https://doi.org/10.1002/tea.20238>
- Varney, M. W., Janoudi, A., Aslam, D. M., & Graham, D. (2012). Building Young Engineers: TASEM for Third Graders in Woodcreek Magnet Elementary School. *IEEE Transactions on Education*, 55(1), 78-82. <https://doi.org/10.1109/TE.2011.2131143>
- Vivas, L., & Sáez, J. M. (2019). Integración de la robótica educativa en Educación Primaria. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa. RELATEC*, 18(1), 107-128. <http://espacio.uned.es/fez/view/bibliuned:425-Jmsaez-0009>
- Williams, D. C., Ma, Y., Prejean, L., Ford, M. J., & Lai, G. (2007). Acquisition of Physics Content Knowledge and Scientific Inquiry Skills in a Robotics Summer Camp. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(2), 201-216. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782505>
- Zawieska, K., & Duffy, B. (2015). The Social Construction of Creativity in Educational Robotics. En *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 351, pp. 329-338). https://doi.org/10.1007/978-3-319-15847-1_32

Para citar este artículo:

Ruiz Ortiz, I. (2023). La Robótica en el Área de Matemáticas en Educación Primaria. Una Revisión Sistemática. *EduTEC. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (84), 1-17. <https://doi.org/10.21556/edutec.2023.84.2889>