

ORIGINAL

Educational Robotics in STEM Education: Approaches and Trends from an Educational Management Perspective

Robótica Educativa en Educación STEM: Enfoques y Tendencias desde la Perspectiva de la Gestión Educativa

Deixy Ximena Ramos Rivadeneira¹  , Javier Alejandro Jiménez Toledo¹  

¹Facultad de Ciencias Administrativas y Contables, Universidad CESMAG. San Juan de Pasto - Colombia.

Citar como: Ramos Rivadeneira DX, Jiménez Toledo JA. Educational Robotics in STEM Education: Approaches and Trends from an Educational Management Perspective. Data and Metadata. 2025; 4:843. <https://doi.org/10.56294/dm2025843>

Enviado: 22-02-2025

Revisado: 09-05-2025

Aceptado: 28-05-2025

Publicado: 29-05-2025

Editor: Dr. Adrián Alejandro Vitón Castillo 

Autor para la correspondencia: Deixy Ximena Ramos Rivadeneira 

ABSTRACT

Introduction: educational robotics was consolidated as a key tool in STEM education (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), by fostering technical, cognitive, and socio-emotional skills in students.

Objective: this study aimed to conduct a systematic review of approaches and trends in the use of educational robotics within STEM learning contexts, incorporating a perspective focused on educational management.

Method: a structured literature review methodology was applied, using recognized academic databases to identify relevant studies published between 2020 and 2024. The analysis included implementation strategies, technological tools, pedagogical models, reported benefits, and challenges.

Results: the findings showed that educational robotics strengthened computational thinking, problem-solving abilities, student motivation, and collaborative learning. However, persistent challenges were identified, such as unequal access to technology, the need for teacher training, and the lack of unified curricular standards, which posed significant issues for institutional management.

Conclusions: it was concluded that, in addition to constructivist and inquiry-based learning approaches, emerging trends included the integration of artificial intelligence and adaptive learning environments. The findings provided valuable insights for school leaders, educators, and researchers interested in incorporating educational robotics in STEM contexts from a strategic management perspective.

Keywords: Collaborative Learning; Digital Skills; Educational Management; Pedagogical Innovation; Computational Thinking; Educational Technologies.

RESUMEN

Introducción: la robótica educativa se consolidó como una herramienta clave en la educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), al fomentar habilidades técnicas, cognitivas y socioemocionales en los estudiantes.

Objetivo: este estudio tuvo como objetivo realizar una revisión sistemática sobre los enfoques y tendencias en el uso de la robótica educativa dentro del contexto del aprendizaje STEM, incorporando una perspectiva desde la gestión educativa.

Método: se aplicó una metodología de revisión estructurada de la literatura, utilizando bases de datos académicas reconocidas para identificar estudios relevantes publicados entre 2020 y 2024. Se analizaron estrategias de implementación, herramientas tecnológicas, modelos pedagógicos, beneficios y desafíos reportados en los artículos seleccionados.

Resultados: los resultados evidenciaron que la robótica educativa fortaleció el pensamiento computacional, las habilidades de resolución de problemas, la motivación estudiantil y el aprendizaje colaborativo. Asimismo,

se identificaron obstáculos persistentes como el acceso desigual a la tecnología, la necesidad de formación docente y la ausencia de estándares curriculares, los cuales representaron retos clave para la gestión institucional.

Conclusiones: se concluyó que, además de los enfoques constructivistas y de aprendizaje basado en la indagación, emergieron tendencias como la integración de inteligencia artificial y entornos adaptativos. Los hallazgos aportaron elementos valiosos para directivos, docentes e investigadores interesados en integrar la robótica educativa en contextos STEM desde una perspectiva de innovación y gestión estratégica.

Palabras clave: Aprendizaje Colaborativo; Competencias Digitales; Gestión Educativa; Innovación Pedagógica; Pensamiento Computacional; Tecnologías Educativas.

INTRODUCCIÓN

La robótica educativa se ha consolidado como una herramienta necesaria en la enseñanza de disciplinas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), promoviendo el desarrollo de habilidades técnicas, cognitivas y socioemocionales en los estudiantes.⁽¹⁾ Su integración en los entornos educativos ha demostrado mejorar el pensamiento computacional, la resolución de problemas y la creatividad, además de fomentar el trabajo colaborativo, competencias esenciales para el siglo XXI.⁽²⁾

En las últimas décadas, el interés en la educación STEM ha crecido exponencialmente, impulsado por la necesidad de formar profesionales capaces de enfrentar los retos de la transformación digital y la automatización. Organizaciones como la National Science Foundation (NSF) y el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) han promovido investigaciones que exploran metodologías innovadoras para fortalecer el aprendizaje en estas áreas.⁽³⁾ En este contexto, la robótica educativa ha sido ampliamente estudiada como un recurso didáctico que puede mejorar el rendimiento académico y la motivación estudiantil.

A pesar de los avances tecnológicos, su implementación aún enfrenta limitaciones relacionadas con la desigualdad en el acceso a recursos, la escasa formación docente y la ausencia de políticas curriculares estandarizadas.⁽⁴⁾ Estos factores generan un escenario de desafíos y controversias en torno a su viabilidad a gran escala. Asimismo, la diversidad de enfoques pedagógicos en su aplicación plantea interrogantes sobre los modelos más adecuados para integrar la robótica en el aprendizaje.⁽⁵⁾

Desde una mirada histórica, la robótica es una disciplina que surge en los años 60, inicialmente vinculada a expertos e ingenieros debido a las limitaciones de acceso al conocimiento y la tecnología.⁽⁶⁾

Hoy, su inclusión en los procesos educativos responde a las demandas de una cultura digital en expansión, permitiendo a los estudiantes desarrollar competencias para afrontar problemáticas reales y promover su integración activa en la sociedad.⁽⁷⁾

Autores como Pérez-Acosta et al.⁽⁶⁾ conciben la robótica educativa como un proceso de aprendizaje activo, interdisciplinario, mediado por elementos electrónicos y software que promueven el desarrollo de destrezas aplicadas en campos STEM y más allá. Esta visión es respaldada por estudios que destacan cómo su uso mejora la abstracción, la resolución de problemas complejos⁽⁸⁾ y fortalece la motivación incluso en áreas tradicionalmente complejas como las matemáticas y la física.⁽⁹⁾

El avance tecnológico ha permitido que la robótica educativa evolucione desde kits básicos de construcción hasta plataformas que integran sensores, programación visual e inteligencia artificial, generando nuevas posibilidades para el aprendizaje personalizado. Esto se ha visto reforzado por la incorporación de tecnologías como el aprendizaje automático y los asistentes inteligentes, que favorecen entornos adaptativos⁽¹⁰⁾ aunque también traen consigo debates sobre ética, privacidad y gestión institucional.

Por otra parte, investigaciones como la de Aparicio Gómez⁽¹¹⁾ han demostrado que la robótica puede contribuir a reducir la brecha de género en el acceso a disciplinas STEM. Al mismo tiempo, estudios recientes evidencian que su inclusión desde etapas tempranas ayuda a combatir la desmotivación frente a estas áreas, desarrollando en los estudiantes habilidades como el pensamiento algorítmico, la abstracción de patrones y la depuración de procesos.⁽¹²⁾

Dado este panorama, el presente artículo tiene como propósito realizar una revisión sistemática sobre los enfoques y tendencias en robótica educativa dentro del contexto de la enseñanza STEM, considerando también sus implicaciones para la gestión educativa. El análisis se enfoca en identificar los modelos pedagógicos predominantes, las herramientas tecnológicas empleadas, las estrategias de implementación y los principales beneficios y desafíos reportados en la literatura científica reciente.

El alcance del estudio se limita a investigaciones publicadas entre 2020 y 2024 en bases de datos académicas reconocidas. El artículo se organiza en seis secciones: en la sección 1, se presenta la introducción y contextualización del problema; en la sección 2, se expone la revisión de la literatura relacionada con la robótica educativa y su vínculo con el aprendizaje STEM; en la sección 3, se describe la metodología utilizada

para la revisión sistemática; en la sección 4, se presentan y analizan los resultados, integrando su discusión desde una perspectiva de gestión educativa; en la sección 5, se exponen las conclusiones principales y se proponen líneas de investigación futuras; y en la sección 6, se declara la fuente de financiación del estudio.

Revisión de la literatura

La robótica educativa se ha convertido en un recurso pedagógico clave para fortalecer procesos de enseñanza-aprendizaje, particularmente en el contexto de la educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Su implementación responde a la necesidad de generar entornos de aprendizaje activos que fomenten habilidades del siglo XXI, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y el trabajo en equipo.⁽¹³⁾ Desde una perspectiva teórica, la robótica educativa se fundamenta en enfoques constructivistas y socio constructivistas, donde el aprendizaje se construye a partir de la interacción con el entorno, la colaboración entre pares y la resolución de retos reales. Modelos pedagógicos como el aprendizaje basado en proyectos (ABP), el aprendizaje basado en problemas (PBL) y el aprendizaje por descubrimiento han sido ampliamente utilizados para integrar la robótica en el aula.⁽¹⁴⁾

En cuanto al marco disciplinar, la educación STEM busca desarrollar competencias transversales que permitan a los estudiantes aplicar conocimientos científicos y tecnológicos en situaciones prácticas. La robótica, al integrar electrónica, mecánica, programación y lógica, se alinea con los propósitos de la educación STEM, permitiendo a los estudiantes experimentar con soluciones creativas a desafíos del mundo real.⁽¹⁵⁾

Diversos estudios han señalado que el uso de la robótica en contextos educativos mejora el rendimiento académico, incrementa la motivación y favorece la participación activa de los estudiantes, especialmente en asignaturas tradicionalmente complejas. Además, la robótica educativa ha sido utilizada como herramienta para reducir la brecha de género en STEM, al generar espacios más inclusivos e igualitarios.⁽¹⁶⁾

No obstante, la implementación de la robótica en el aula presenta retos significativos relacionados con la infraestructura, la formación docente y la integración curricular. La falta de recursos tecnológicos, especialmente en zonas rurales o de bajos ingresos, limita el acceso equitativo a estas experiencias de aprendizaje.⁽¹⁷⁾ Asimismo, muchos docentes carecen de la preparación técnica y pedagógica para integrar efectivamente la robótica en sus clases.⁽¹⁸⁾

En este contexto, la gestión educativa emerge como un factor clave para garantizar la sostenibilidad y efectividad de las estrategias de robótica educativa. La toma de decisiones institucionales, la planificación curricular, la inversión en infraestructura y la capacitación docente son aspectos que deben considerarse desde una perspectiva gerencial para lograr una implementación significativa.⁽¹⁹⁾ Finalmente, las tendencias recientes en la literatura destacan la incorporación de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, la realidad aumentada y los entornos adaptativos, lo cual amplía las posibilidades de la robótica educativa y exige nuevas competencias por parte de docentes y directivos.⁽²⁰⁾

MÉTODO

Para llevar a cabo la presente revisión sistemática de literatura sobre el uso de la robótica educativa en el aprendizaje de STEM, se adoptó un enfoque metodológico riguroso y estructurado, siguiendo lineamientos de estudios previos en el área.⁽²¹⁾ La herramienta Rayyan fue empleada para la gestión y cribado de los artículos, facilitando el proceso de selección y reduciendo sesgos mediante una revisión a ciegas basada en criterios de inclusión y exclusión previamente definidos.

El objetivo de esta revisión es examinar las estrategias metodológicas y pedagógicas empleadas en la robótica educativa, identificar sus beneficios y desafíos en contextos educativos, y analizar su contribución al desarrollo del pensamiento computacional, la resolución de problemas y la motivación en el aprendizaje de disciplinas STEM.

El proceso metodológico se llevó a cabo en cinco etapas principales, las cuales se presentan en la figura 1. Estas fases incluyen la planificación de la revisión, la identificación de fuentes, la selección de estudios, el análisis de contenido y la síntesis de hallazgos. Cada una de ellas será explicada en detalle en las subsecciones siguientes, con el propósito de ofrecer una visión clara del procedimiento seguido en esta investigación.

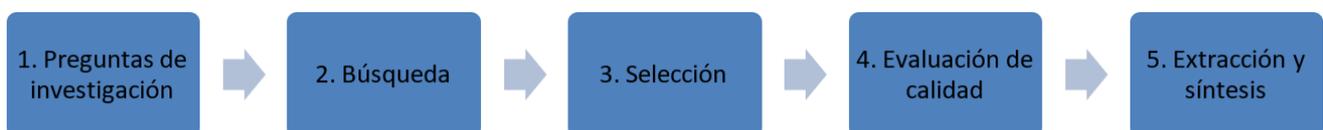


Figura 1. Etapas del proceso metodológico de la revisión sistemática

Preguntas de investigación

La revisión se estructuró a partir de seis preguntas clave, formuladas con base en el modelo PICO y su variante

PIPOH, ampliamente utilizados en revisiones sistemáticas para delimitar de forma precisa los elementos de investigación. Estas preguntas orientaron el análisis y permitieron una visión integral del campo:

El propósito de este estudio es proporcionar una visión integral sobre el impacto de la robótica educativa en el aprendizaje STEM a través de una revisión sistemática de la literatura científica. Con este fin, se formularon una serie de preguntas fundamentales que permitieron estructurar el análisis de las publicaciones más relevantes en el área. Estas preguntas buscan identificar enfoques predominantes, beneficios y desafíos, así como herramientas y metodologías utilizadas en la integración de la robótica educativa dentro del currículo STEM.

A partir de esta premisa, las siguientes preguntas de investigación guiaron el desarrollo del estudio:

- RQ1: ¿Cuáles son los enfoques predominantes en la implementación de la robótica educativa en la enseñanza STEM?
- RQ2: ¿Qué beneficios y desafíos se han reportado en el uso de la robótica educativa para el aprendizaje de disciplinas STEM?
- RQ3: ¿Qué herramientas y plataformas tecnológicas se emplean con mayor frecuencia en la enseñanza basada en robótica educativa?
- RQ4: ¿Qué estrategias pedagógicas se utilizan en la integración de la robótica educativa en el currículo STEM?
- RQ5: ¿Cuáles son las tendencias actuales en la investigación sobre robótica educativa aplicada a STEM?
- RQ6: ¿Existen modelos metodológicos o buenas prácticas identificadas en la literatura para la enseñanza de STEM a través de la robótica educativa?

Para garantizar un enfoque estructurado en la formulación de estas preguntas, se utilizó el modelo PICO (Población, Intervención, Comparación y Resultados) con su variante PIPOH⁽²²⁾ esta metodología es ampliamente utilizada en revisiones sistemáticas, ya que permite definir con precisión los elementos clave de la investigación.

La tabla 1 presenta la descripción de los criterios utilizados en la construcción del marco de análisis:

Criterio	Descripción
Población	Enseñanza/aprendizaje en el contexto de la educación STEM con robótica educativa
Intervención	Implementación de la robótica educativa, estrategias pedagógicas, herramientas tecnológicas y metodologías de enseñanza/aprendizaje.
Resultados	Publicaciones científicas (artículos, libros, conferencias) que aborden estudios sobre la enseñanza/aprendizaje de STEM con robótica educativa.
Profesionales	Educadores, investigadores y especialistas en educación STEM y robótica educativa.
Contexto	Ámbito académico y educativo en diferentes niveles de enseñanza.

Búsqueda

Términos Principales	Sinónimos/ Relacionados
Educational Robotics	Learning Robotics, Robotics in Education
STEM Education	Science, Technology, Engineering, Mathematics Education
Computational Thinking	Problem-solving skills, Logical Reasoning, Algorithmic Thinking
Pedagogical Strategies	Teaching Methods, Instructional Approaches
Learning Outcomes	Academic Performance, Student Engagement

En esta etapa, se establecieron los términos de búsqueda con el propósito de identificar artículos y estudios científicos relevantes para la revisión sistemática. La formulación de estos criterios tuvo como objetivo garantizar una cobertura exhaustiva y actualizada de la literatura relacionada con la robótica educativa y su

impacto en la enseñanza STEM. Se priorizó la inclusión de documentos rigurosos, validados científicamente y publicados en fuentes de alto impacto.

Para estructurar la estrategia de búsqueda, se definieron términos clave junto con sus sinónimos y conceptos relacionados. Estos términos fueron seleccionados con base en estudios previos sobre robótica educativa y aprendizaje STEM, asegurando una recopilación integral de la información disponible. La tabla 2 presenta los términos principales utilizados en la consulta, así como los filtros aplicados en el proceso de búsqueda.

A partir de estos términos, se construyó la siguiente cadena de búsqueda para garantizar la identificación de los estudios más relevantes:

("Educational Robotics" OR "Learning Robotics" OR "Robotics in Education") AND ("STEM Education" OR "Science Technology Engineering Mathematics") AND ("Computational Thinking" OR "Problem-Solving Skills" OR "Algorithmic Thinking").

La búsqueda se realizó en bases de datos científicas de prestigio internacional, incluyendo IEEE Xplore, Scopus, Web of science, ACM Digital Library y ScienceDirect.

Estas bases fueron seleccionadas debido a su amplia cobertura en las áreas de educación, tecnología e ingeniería, lo que permitió la recopilación de estudios relevantes y metodológicamente sólidos para el análisis.

Selección

Para asegurar la calidad y pertinencia de los estudios incluidos en esta revisión sistemática, se realizó un proceso de evaluación detallado. Durante la selección de artículos, se analizaron aspectos clave como título, palabras clave, resumen, introducción, antecedentes, estado del arte, metodología, resultados y conclusiones.

Con el fin de garantizar que los estudios seleccionados fueran relevantes y metodológicamente rigurosos, se establecieron criterios de inclusión y exclusión que guiaron el proceso de filtrado de la literatura:

Bases de Datos	Cantidad
IEEE Xplore	15
ACM Digital Library	98
Scopus	285
Web of Science	114
Total	512

Criterios de Inclusión (I)

- I1: artículos publicados en los últimos cinco (5) años para garantizar información actualizada.
- I2: en caso de múltiples publicaciones derivadas del mismo estudio, se seleccionó la versión más reciente.
- I3: solo se incluyeron artículos con acceso al texto completo.

Criterios de Exclusión (E)

- E1: se descartaron documentos técnicos, resúmenes de conferencias o presentaciones sin un desarrollo académico formal.
- E2: solo se consideraron publicaciones en inglés o español para facilitar su análisis.
- E3: se excluyeron estudios que no abordaran directamente la robótica educativa y su aplicación en la enseñanza STEM.

El proceso de selección se llevó a cabo en tres etapas:

- Eliminación de estudios duplicados para evitar redundancias en la revisión.
- Lectura del título y resumen para descartar artículos que no cumplieran los criterios de inclusión.
- Revisión completa del texto para asegurar la relevancia y profundidad del contenido en relación con los objetivos del estudio.

Como resultado de la búsqueda en las bases de datos seleccionadas, se identificaron 512 artículos en la etapa inicial. Tras la aplicación de los criterios de selección, el número final de documentos considerados para el análisis fue de 58 estudios. La tabla 3 presenta el desglose de los estudios recuperados en cada base de datos.

Evaluación de calidad

Para asegurar la fiabilidad y relevancia de los estudios incluidos en esta revisión, se llevó a cabo un proceso

de evaluación basado en siete criterios fundamentales. En primer lugar, se consideró la procedencia de las fuentes, priorizando artículos publicados en revistas indexadas y conferencias de alto impacto. Además, se evaluó la relevancia del contenido, verificando que los estudios estuvieran directamente relacionados con la robótica educativa y su integración en la enseñanza STEM.

Otro aspecto clave fue el impacto del estudio, analizando su nivel de citación y reconocimiento dentro de la comunidad científica. Asimismo, se revisó la claridad en la formulación de los objetivos de investigación, asegurando que las preguntas planteadas fueran precisas y pertinentes.

Adicionalmente, se examinó el contexto del estudio, identificando si la investigación se enfocaba en educación primaria, secundaria, superior o en entornos extracurriculares. También se evaluó la solidez metodológica, considerando la coherencia y validez del diseño de investigación empleado.

Finalmente, se analizó el rigor en el tratamiento y análisis de datos, verificando que los resultados fueran presentados con suficiente evidencia y fundamentación científica. Estos criterios se alinean con los principios de planificación, organización y control en la gestión de calidad⁽²³⁾ garantizando una selección rigurosa de la literatura científica más relevante para esta revisión.

Además, el proceso de evaluación de calidad implicó la lectura y análisis detallado de los 58 estudios seleccionados. Durante esta etapa, se realizaron diversas acciones, incluyendo la eliminación de artículos duplicados, la exclusión de documentos que no pudieron ser descargados y la aplicación estricta de los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Este procedimiento permitió garantizar que únicamente los estudios más relevantes y científicamente validados fueran considerados para el análisis.

En la tabla 4 se presenta un resumen del proceso de búsqueda y selección, detallando el número de artículos identificados en cada base de datos, la cantidad de documentos eliminados por ser duplicados o no cumplir con los criterios de inclusión, y el total de estudios pertinentes que fueron incluidos en la revisión.

Tabla 4. Evaluación de calidad en procesos de búsqueda y selección

Término principal	Resultado búsqueda	Archivos duplicados	Archivo Excluidos	Archivos pertinentes	Bases datos
Robótica educativa y STEM	15	2	6	7	IEEE Xplore
Tecnologías y herramientas	98	10	58	20	ACM Digital Library
	285	70	157	20	Scopus
	114	15	89	11	Web of Science
Total	512	97	310	58	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección presenta y analiza los hallazgos obtenidos a partir de la revisión sistemática de literatura sobre la robótica educativa en el contexto STEM. Se han identificado diversos enfoques pedagógicos, beneficios y desafíos, herramientas tecnológicas y estrategias emergentes que configuran el panorama actual de esta línea de investigación.

Enfoques predominantes en la implementación de la robótica educativa en STEM

Los estudios revisados coinciden en señalar que la robótica educativa ha sido implementada con enfoques pedagógicos activos e interdisciplinarios, destacándose principalmente el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el Aprendizaje Colaborativo, el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) y la gamificación.⁽²⁴⁾ Estas metodologías no solo favorecen el desarrollo de habilidades técnicas en los estudiantes, sino también habilidades blandas como la comunicación, el trabajo en equipo y la creatividad.

El ABP se destaca como el enfoque más utilizado, al permitir la integración de conceptos de distintas disciplinas STEM a través de proyectos centrados en la construcción y programación de robots. Este enfoque ha demostrado mejorar la motivación y el pensamiento crítico de los estudiantes, como lo evidencian estudios recientes.⁽²⁵⁾ De forma complementaria, el aprendizaje colaborativo refuerza la dimensión social del proceso educativo, permitiendo la construcción conjunta del conocimiento⁽²⁶⁾ lo cual coincide con la tendencia actual de promover el aprendizaje entre pares en contextos tecnológicos.

El PBL, por su parte, fomenta la resolución de problemas reales mediante la aplicación de conocimientos técnicos, incrementando la autonomía de los estudiantes y su capacidad de transferir lo aprendido a contextos auténticos.⁽²⁷⁾ La gamificación emerge como un enfoque complementario que incentiva la participación activa mediante la introducción de mecánicas lúdicas, aumentando significativamente la motivación y el compromiso.⁽²⁸⁾

En conjunto, estos enfoques evidencian una transición desde métodos tradicionales hacia modelos más dinámicos y centrados en el estudiante, respaldando la efectividad de la robótica como mediadora del aprendizaje activo en el área STEM.

Beneficios y desafíos en la implementación de la robótica educativa en STEM

Los beneficios de la robótica educativa en STEM son múltiples y ampliamente documentados. En primer lugar, se resalta su papel en el desarrollo del pensamiento computacional, al exponer a los estudiantes a la lógica de la programación y a procesos de diseño algorítmico. Además, se ha comprobado su efecto positivo en la motivación estudiantil, especialmente en niveles educativos donde el interés por las ciencias suele decaer.⁽¹²⁾

Asimismo, la robótica educativa potencia la creatividad y la innovación en la resolución de problemas, ofreciendo espacios de experimentación y diseño en los que los estudiantes proponen soluciones originales.⁽²⁹⁾ Estas características posicionan a la robótica como una herramienta idónea para promover competencias clave del siglo XXI en contextos escolares.

Sin embargo, estos beneficios se ven limitados por importantes desafíos. La falta de capacitación docente en robótica educativa es uno de los más recurrentes. La literatura evidencia que muchos educadores no poseen formación técnica ni metodológica suficiente, lo que afecta la calidad de la implementación.⁽²⁹⁾ Este hallazgo refleja la necesidad de fortalecer la formación inicial y continua del profesorado en competencias digitales y pedagógicas relacionadas con la robótica.

Otro obstáculo identificado es la escasa inclusión de la robótica en los currículos oficiales, lo que dificulta su integración sistemática. La falta de lineamientos institucionales y la resistencia al cambio metodológico impiden que la robótica se establezca como una práctica sostenida.⁽¹⁰⁾ Además, persiste una marcada desigualdad en el acceso a recursos tecnológicos entre instituciones, especialmente entre zonas rurales y urbanas, lo que profundiza la brecha digital y limita la equidad en la educación STEM.⁽²⁾

Herramientas y plataformas tecnológicas utilizadas

La revisión sistemática permitió identificar las herramientas y plataformas tecnológicas más empleadas en la enseñanza de STEM con robótica educativa. Estas herramientas facilitan la adquisición de habilidades en programación, electrónica y automatización, ofreciendo a los estudiantes entornos interactivos y dinámicos para la resolución de problemas.

Uno de los recursos más utilizados en la educación STEM con robótica son las plataformas de programación visual, como Scratch, Blockly y MakeCode.⁽³⁰⁾

Estas herramientas permiten a los estudiantes programar robots mediante bloques gráficos en lugar de líneas de código tradicionales, lo que facilita la comprensión de conceptos algorítmicos y lógicos desde edades tempranas.⁽³¹⁾ Además, estas plataformas fomentan la creatividad y la experimentación, ya que los estudiantes pueden desarrollar proyectos personalizados e iterar sobre sus diseños de manera intuitiva.

Los kits de robótica educativa representan otra categoría fundamental en la enseñanza de STEM. Entre los más empleados se encuentran LEGO Mindstorms, Arduino, Raspberry Pi y VEX Robotics. Estos kits proporcionan componentes físicos, como sensores, motores y placas electrónicas, que los estudiantes pueden ensamblar y programar para construir robots funcionales. Los kits de robótica fomentan el aprendizaje práctico y el desarrollo de habilidades de ingeniería, ya que permiten a los estudiantes enfrentarse a problemas reales y aplicar conocimientos de electrónica, mecánica y programación de manera integrada.⁽³²⁾ Además, la versatilidad de estos kits permite su uso en diversos niveles educativos, desde la educación primaria hasta la universitaria, adaptándose a diferentes grados de complejidad.

Asimismo, se han identificado diversas plataformas de simulación de robótica, como Tinkercad, VEXcode VR y Robot Virtual Worlds, que permiten a los estudiantes programar y probar robots en entornos virtuales sin necesidad de hardware físico. Estas plataformas resultan especialmente útiles en contextos donde el acceso a kits de robótica es limitado, ya que brindan experiencias de aprendizaje similares a las de la programación y el control de robots físicos, el uso de simuladores de robótica mejora la accesibilidad a la educación STEM y permite a los estudiantes experimentar con la programación de robots en un entorno seguro y sin costos elevados.⁽³³⁾ Además, los simuladores facilitan la depuración de errores y la optimización de algoritmos antes de implementar los programas en robots reales.

Por último, los estudios analizados destacan el uso de lenguajes de programación tradicionales, como Python, C++ y JavaScript, en la enseñanza de robótica educativa. Estos lenguajes son ampliamente utilizados en entornos académicos y profesionales, lo que permite a los estudiantes desarrollar habilidades de programación avanzadas con aplicaciones prácticas en la industria tecnológica. Según García Rodríguez et al.⁽³⁴⁾, Python es especialmente popular en la educación robótica debido a su sintaxis sencilla y su compatibilidad con plataformas como Raspberry Pi y Arduino, lo que facilita la transición desde la programación visual hacia lenguajes de código basados en texto.⁽³⁵⁾

Estrategias pedagógicas en la integración de la robótica educativa en STEM

La implementación de la robótica educativa en STEM ha sido acompañada de diversas estrategias pedagógicas que buscan maximizar el aprendizaje y la adquisición de competencias clave en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Estas estrategias permiten no solo la apropiación de conocimientos técnicos, sino también el desarrollo de habilidades transversales como el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo en equipo.⁽³³⁾

Una de las estrategias más destacadas en la integración de la robótica educativa es el uso de metodologías activas, particularmente el aprendizaje basado en retos. Esta metodología plantea situaciones problemáticas reales o simuladas en las que los estudiantes deben diseñar, construir y programar robots para resolverlas. Según Pacheco et al.⁽²⁰⁾, el aprendizaje basado en retos favorece la motivación y la autonomía de los estudiantes, al involucrarlos en proyectos donde aplican conocimientos STEM en contextos significativos. Además, fomenta el desarrollo del pensamiento computacional y la capacidad de resolución de problemas, ya que los alumnos deben analizar, idear soluciones y optimizar sus diseños de manera iterativa.

Otra estrategia clave es la implementación de entornos de aprendizaje blended, que combinan sesiones presenciales con actividades virtuales. Esta modalidad permite una mayor flexibilidad en la enseñanza de la robótica educativa, ya que los estudiantes pueden desarrollar parte del aprendizaje en entornos digitales, utilizando simuladores y plataformas de programación online, y luego aplicar estos conocimientos en actividades presenciales con kits de robótica. Según un estudio el modelo blended facilita la personalización del aprendizaje y mejora el acceso a recursos tecnológicos, especialmente en contextos donde la infraestructura física es limitada. La combinación de experiencias prácticas y virtuales permite que los estudiantes refuercen sus habilidades de programación y resolución de problemas de manera más efectiva.

La evaluación formativa y la autoevaluación a través de portafolios digitales es otra estrategia relevante en la enseñanza de la robótica educativa. En este enfoque, los estudiantes documentan su proceso de aprendizaje mediante registros digitales que incluyen diseños, códigos de programación, reflexiones y evidencias de sus proyectos robóticos. De acuerdo con un estudio el uso de portafolios digitales no solo permite a los docentes realizar un seguimiento más detallado del progreso de los estudiantes, sino que también fomenta la autorregulación del aprendizaje, al hacer que los alumnos reflexionen sobre sus logros y áreas de mejora. Además, esta estrategia facilita la retroalimentación continua, ya que los estudiantes pueden recibir comentarios de sus compañeros y profesores en tiempo real.

Implementar estrategias educativas que guían al estudiante a adquirir un mejor aprendizaje parece ser una forma efectiva de lograr un adecuado desarrollo pedagógico. En la actualidad el uso del paradigma constructivista parece ser una herramienta que ayuda al docente a desarrollar perfiles y competencias indiscutibles para el “Aprender haciendo” además, se ha demostrado que la mejor forma de “no olvidar” y adquirir un mejor entendimiento de algo se logra cuando se construye gradualmente en comparación a algo que se visualiza globalmente.⁽²⁷⁾

Es por tal motivo que la enseñanza e implementación de la robótica educativa en el aula ha adquirido una gran importancia a la hora de desarrollar competencias esenciales como el pensamiento lógico, el pensamiento crítico y especialmente la resolución de problemas haciendo uso de la creatividad. Expertos en educación han demostrado que la integración de unidades educativas en el plan de estudios permite a los alumnos adquirir e interactuar con conceptos abstractos de forma tangible, observando su comportamiento en diferentes situaciones, adicionalmente la implementación de esta estrategia facilita la comprensión de temas complejos, como los diferentes conceptos necesarios para la creación de soluciones tecnológicas o diseño de esquemas ingenieriles, que a través de la manipulación de robots se tornan más motivadores y fáciles de asimilar.

La utilización de elementos robóticos en el aula de clase fomenta el aprendizaje activo y colaborativo, permite a cada integrante trabajar en equipo e investigar estrategias para diseñar, construir y programar robots que desarrollen tareas específicas necesarias para resolver una dificultad analizada con anterioridad. Esta técnica no solo ayuda a desarrollar destrezas técnicas, si no también habilidades blandas como la comunicación, trabajo en equipo, y liderazgo. Por otra parte, la facilidad de adaptación de la robótica educativa a diferentes niveles educativos incluidos primaria y universidad fortalece y ayuda al docente en su labor formativa poniendo a disponibilidad un alto número de desafíos adecuados para cada etapa de aprendizaje.

Tendencias actuales en la investigación sobre robótica educativa en STEM

En los últimos años, la investigación en robótica educativa dentro del ámbito STEM ha experimentado un crecimiento significativo, impulsado por los avances tecnológicos y las nuevas metodologías pedagógicas. Una de las tendencias más relevantes es la integración de inteligencia artificial (IA) en los robots educativos, lo que permite mejorar la interacción con los estudiantes y adaptar las experiencias de aprendizaje a sus necesidades individuales. Estudios recientes han demostrado que el uso de IA en la robótica educativa no solo facilita la personalización del aprendizaje, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades cognitivas avanzadas, como el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

Otra tendencia emergente es el uso de robots sociales y humanoides en entornos educativos. Investigaciones

han evidenciado que estos robots pueden desempeñar un papel clave en la enseñanza, ya que ofrecen interacciones más naturales y motivadoras para los estudiantes, fomentando el aprendizaje activo y la participación en las actividades STEM.⁽⁴⁾ Los robots humanoides han sido empleados en diversas disciplinas, desde la enseñanza de la programación hasta el desarrollo de competencias sociales y emocionales en el aula.⁽⁵⁾

Asimismo, la integración de la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) en la robótica educativa ha ganado terreno en la investigación. Estas tecnologías permiten la simulación de entornos y situaciones complejas, lo que facilita el aprendizaje experiencial y la experimentación en escenarios difíciles de replicar en un entorno físico. Diversos estudios han reportado que el uso de RA y RV en la enseñanza de STEM no solo aumenta la motivación de los estudiantes, sino que también mejora su comprensión de conceptos abstractos y su capacidad para resolver problemas en contextos reales.

Finalmente, un aspecto clave en las tendencias actuales es la expansión de programas de inclusión que buscan acercar la robótica educativa a comunidades con acceso limitado a tecnología.⁽²⁹⁾ La implementación de iniciativas que promueven la equidad en la educación STEM ha demostrado ser fundamental para reducir la brecha digital y fomentar la participación de grupos históricamente subrepresentados en estas disciplinas. Investigaciones recientes han destacado la importancia de proporcionar acceso a herramientas y recursos tecnológicos en escuelas con menos oportunidades, ya que esto no solo mejora el aprendizaje de los estudiantes, sino que también fortalece su interés en carreras científicas y tecnológicas.⁽³²⁾

Los hallazgos de esta revisión sistemática reflejan la importancia creciente de la robótica educativa en la enseñanza de STEM. La evidencia sugiere que su implementación favorece el desarrollo de habilidades técnicas y transversales esenciales en la era digital. Sin embargo, a pesar de los beneficios reportados, aún persisten barreras relacionadas con el acceso a tecnología, la formación docente y la estandarización curricular.

Es necesario seguir investigando sobre modelos pedagógicos efectivos y estrategias de implementación para maximizar el impacto de la robótica educativa en STEM. Además, se recomienda fortalecer las políticas públicas y programas de financiamiento que permitan reducir la brecha digital y garantizar el acceso equitativo a estas tecnologías.⁽³⁶⁾

CONCLUSIONES

Por La revisión sistemática realizada evidencia que la robótica educativa se ha consolidado como una estrategia pedagógica efectiva para el fortalecimiento de competencias STEM en diversos niveles educativos. Los enfoques metodológicos predominantes, como el aprendizaje basado en proyectos (ABP), el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje basado en problemas (PBL) y la gamificación, han demostrado resultados positivos en cuanto a la motivación, la participación activa y la comprensión significativa de conceptos científicos y tecnológicos por parte de los estudiantes.

Asimismo, se destacan múltiples beneficios de su implementación, entre ellos el desarrollo del pensamiento computacional, la creatividad, la innovación y la capacidad para resolver problemas reales. Estos logros están estrechamente ligados a la posibilidad de trabajar con tecnologías interactivas que permiten la experimentación directa, tanto individual como colectiva.

Sin embargo, también se identifican desafíos importantes, como la falta de capacitación docente, la escasa inclusión curricular de la robótica educativa y la brecha tecnológica entre instituciones educativas. Estos obstáculos limitan el alcance y la sostenibilidad de los programas de robótica en entornos educativos diversos.

Las herramientas tecnológicas utilizadas, como plataformas de programación visual (Scratch, Blockly), kits de robótica (LEGO, Arduino, VEX) y simuladores virtuales (Tinkercad, VEXcode VR), juegan un papel fundamental en la implementación efectiva de estas estrategias, facilitando la apropiación de conocimientos técnicos y habilidades transversales en los estudiantes.

En síntesis, la robótica educativa en STEM no solo representa un medio innovador de enseñanza, sino una oportunidad transformadora para hacer frente a los retos del siglo XXI en la formación científica y tecnológica. No obstante, su consolidación como estrategia transversal depende de la voluntad institucional, la inversión en infraestructura y, sobre todo, del fortalecimiento de las competencias docentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García DJM, Acero Ordóñez OL. La robótica educativa: una interdisciplina didáctica integradora para la enseñanza. p. 1-23. doi: 10.36737/01230425.n48.3160
2. Zambrano EC. Implementación de la robótica educativa en el currículo escolar: Experiencias y perspectivas. *Revista Ingeniería Global*. 2023;2:1-12. doi: 10.62943/rig.v2n2.2023.63
3. Useche Gutiérrez G, Vargas Guativa J. Una revisión desde la epistemología de las ciencias, la educación STEM y el bajo desempeño de las ciencias naturales en la educación básica y media. *Revista Temas*. 2019;13:109-21. doi: 10.18359/ravi.586601

4. Zorrilla-Puerto J, Lores-Gómez B, Martínez-Requejo S, Ruiz-Lázaro J. El papel de la robótica en Educación Infantil: revisión sistemática para el desarrollo de habilidades. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*. 2023;188-94. doi: 10.6018/riite.586601
5. Valero Carvajal DA, Orozco Isaza JE, Córdoba Puerto JN, Noreña Hemelberg OS, Gómez Alarcón MA, Jinete Gómez MA, et al. Algoritmos para el procesamiento de imágenes implementados en el Robot Humanoide InMoov. *Revista EIA*. 2021;18. doi: 10.24050/reia.v18i36.1495
6. Pérez-Acosta GX, Mendoza-Moreno MÁ. Robótica educativa: propuesta curricular para Colombia. *Educación y Educadores*. 2021;23:577-95. doi: 10.5294/edu.2020.23.4.2
7. Cuchillac VM. La enseñanza de IoT como estrategia para desarrollar competencias técnicas para la Industria 4.0. *Realidad y Reflexión*. 2023;57:15-38. doi: 10.5377/ryr.v1i57.16694
8. Delgado C. Didactic strategies to strengthen creative thinking in the classroom. A meta-analytic study. *Revista Innova Educación*. 2021;4:51-64. doi: 10.35622/j.rie.2022.01.004.en
9. Rosero Calderón OA. La Robótica Educativa: Potenciando el pensamiento matemático y habilidades sociales en el aprendizaje. *Emerging Trends in Education*. 2024;7:129-44. doi: 10.19136/etie.a7n13.6040
10. Tomalá De La Cruz MA, Mascaró Benites EM, Carrasco Cachinelli CG, Aroni Caicedo EV. Incidencias de la inteligencia artificial en la educación. *RECIMUNDO*. 2023;7:238-51. doi: 10.26820/recimundo/7.2.238-251
11. Aparicio Gómez WO. La Inteligencia Artificial y su Incidencia en la Educación: Transformando el Aprendizaje para el Siglo XXI. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*. 2023;3:217-30. doi: 10.51660/ripie.v3i2.133
12. Caballero-González YA, García-Valcárcel A. ¿Aprender con robótica en Educación Primaria? Un medio de estimular el pensamiento computacional. *Education in the Knowledge Society*. 2020;21:15. doi: 10.14201/eks.21443
13. Mesa Pinto FH. Plataformas de Simulación como Didáctica para el Proceso Enseñanza-Aprendizaje de la Robótica Educativa. *Scientific Journal T&E*. 2025;1:143-65. doi: 10.48204/3072-9653.6885
14. Ferrada C, Díaz-Levicoy DA. Perspectiva del enfoque STEM y Robótica en las aulas de educación Primaria vista por maestros de 5o y 6o grado. 2025.
15. Calabrés Veroes AM. Motivación e interés por la tecnología: El papel de la robótica en educación. *Prohominum*. 2025;7:113-22. doi: 10.47606/ACVEN/PH0336
16. Trapero-González I, Aznar-Díaz I, Ramos Navas-Parejo M, Romero-Rodríguez JM. Examinando las influencias sociodemográficas en la comprensión y preparación de los maestros en formación para enseñar STEM. 2025.
17. Molano García DJ, Acero Ordóñez OL. La robótica educativa: una interdisciplina didáctica integradora para la enseñanza. *Educación y Ciudad*. 2024;48:e3160. doi: 10.36737/01230425.n48.3160
18. Martínez Cardero D. Innovación pedagógica en la enseñanza de la Inteligencia Artificial. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*. 2025;5:47-76. doi: 10.51660/ripie51226
19. Pincay Mendoza YA, Marcillo Salazar VC, García Constante VV, Espinoza Cesme AG, Morán Holguín AM, Veloz Santa Cruz GA. Decisiones gerenciales automatizadas: Integrando big data y machine learning. *Ciencia y Desarrollo*. 2025;28:357. doi: 10.21503/cyd.v28i1.2830
20. Álvarez, Peña ZI, Aragundi Rosero MJ, Pacheco Góngora RD. Augmented reality and virtual reality in the classroom: Potential and challenges. 2025;3.
21. Quispe AM, Hinojosa-Ticona Y, Miranda HA, Sedano CA. Serie de Redacción Científica: Revisiones Sistemáticas. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*. 2021;14:94-99. doi: 10.35434/rcmhnaaa.2021.141.906

22. Carrizo D, Moller C. Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare Revista chilena de ingeniería*. 2018;26:45-54. doi: 10.4067/S0718-33052018000500045
23. Amaya Pingo PM, Felix Poicon ECL, Rojas Vargas S, Diaz Tito LP. Gestión de la calidad: Un estudio desde sus principios. *Revista Venezolana de Gerencia*. 2020;25:632-47. doi: 10.37960/rvg.v25i90.32406
24. Domènech-Casal J, Lope S, Mora L. Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*. 2019;16:1-16. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
25. Quevedo-Benítez KP, Rodríguez-Velandia DA, Moran-Borbor RA, Niño-Vega JA, Fernández-Morales FH. Fortalecimiento de competencias en innovación tecnológica: una estrategia didáctica apoyada en el Aprendizaje Basado en Proyectos. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*. 2024;12:47-54. doi: 10.15649/2346030X.3657
26. Chiliquinga Masaquiza RR, Rodríguez Arce KL, Luje Pozo DI, Pucha Gualoto OI. Desarrollo de habilidades del siglo XXI a través de la educación STEM. *Revista Imaginario Social*. 2024;7. doi: 10.59155/is.v7i2.191
27. Panskyi T, Rowińska Z. A Holistic Digital Game-Based Learning Approach to Out-of-School Primary Programming Education. *Informatics in Education*. 2021. doi: 10.15388/infedu.2021.12
28. Berciano-Alcaraz A, Salgado-Somoza M, Jiménez-Gestal C. Alfabetización computacional en educación infantil: Dificultades y beneficios en el aula de 3 años. *Revista Electrónica Educare*. 2022;26:1-21. doi: 10.15359/ree.26-2.15
29. Gamito Gomez R, Hermoso Larzabal E, Leon Hernandez I, Bilbao Antia L. Aprendizaje-Servicio para acercar la robótica educativa a las personas con parálisis cerebral y promover las competencias docentes. *EduTec Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. 2021;78:114-30. doi: 10.21556/edutec.2021.78.2213
30. Morán-González M, Gallegos-Macías MR. Plataformas tecnológicas y su aporte al aprendizaje en línea para la asignatura de matemática. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*. 2021;5:119-39. doi: 10.46296/yc.v5i9edespsoc.0115
31. Naval FM, Vives-Rego J. Precisiones interdisciplinarias y conceptuales de los términos cyborg, clon humano y robot.
32. Silva Pérez EJ, Guachamboza Ramirez AM, Guía C. Brechas y Retos en la Innovación Educativa: Un Análisis Bibliográfico. *Revista Tecnopedagogía e Innovación*. 2024;3:37-57. doi: 10.62465/rti.v3n2.2024.106
33. Ferrada C, Carrillo-Rosúa FJ, Díaz-Levicoy D, Silva-Díaz F. La robótica desde las áreas STEM en Educación Primaria: una revisión sistemática. *Education in the Knowledge Society*. 2020;21:18. doi: 10.14201/eks.22036
34. García Rodríguez A. Enseñanza de la programación a través de Scratch para el desarrollo del pensamiento computacional en educación básica secundaria. *Academia y Virtualidad*. 2022;15:161-82. doi: 10.18359/ravi.5883
35. Pinargote-Zambrano JJ, Lino-Calle VA, Vera-Almeida BJ. Python en la enseñanza de las Matemáticas para estudiantes de nivelación en Educación Superior. *MQRInvestigar*. 2024;8:3966-89. doi: 10.56048/MQR20225.8.3.2024.3966-3989
36. Espinosa Cevallos PA. Evaluación de programas de educación STEM en diferentes niveles educativos. *Nexus Research Journal*. 2024;3:54-64. doi: 10.62943/nrj.v3n1.2024.81

FINANCIACIÓN

El presente trabajo ha sido desarrollado con el apoyo académico y financiero de la Universidad CESMAG y se encuentra adscrito al grupo de investigación LUCA PACCIOLO de la Facultad de Ciencias Administrativas y Contables.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Deixy Ximena Ramos Rivadeneira, Javier Alejandro Jiménez Toledo.

Curación de datos: Deixy Ximena Ramos Rivadeneira, Javier Alejandro Jiménez Toledo.

Análisis formal: Deixy Ximena Ramos Rivadeneira, Javier Alejandro Jiménez Toledo.

Redacción - borrador original: Deixy Ximena Ramos Rivadeneira, Javier Alejandro Jiménez Toledo.

Redacción - revisión y edición: Deixy Ximena Ramos Rivadeneira, Javier Alejandro Jiménez Toledo.