

Robótica Social y Tecnológica: Innovación Educativa para el Aprendizaje Sostenible apoyado en Inteligencia Artificial

Social and Technological Robotics: Educational Innovation for Sustainable Learning supported by Artificial Intelligence

Ricardo M. Candanedo Yau

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Panamá Este, Facultad de Informática Electrónica y Comunicación, Panamá, ricardo.candanedo@up.c.pa, <https://orcid.org/0009-0002-5017-9830>

Doi: <https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v13n1.a8257>

Resumen

La robótica educativa apoyada por inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una estrategia innovadora para fortalecer el aprendizaje sostenible e inclusivo en contextos educativos contemporáneos. El objetivo de este estudio fue analizar el impacto de la robótica social y tecnológica integrada con la inteligencia artificial (IA) en el desarrollo de competencias digitales, cognitivas y socioemocionales, así como en la promoción de valores de inclusión, sostenibilidad y responsabilidad social. La metodología de la investigación consistió en una revisión bibliográfica sistematizada de 32 publicaciones científicas seleccionadas tras aplicar criterios de inclusión y exclusión, lo que permitió identificar tendencias, enfoques predominantes y aportes empíricos en el ámbito de la robótica educativa y la inteligencia artificial (IA). Complementariamente, se realizaron encuestas aplicadas a 25 estudiantes y 5 docentes, junto con actividades prácticas implementadas mediante la estrategia de Aprendizaje-Servicio.

Los resultados de la revisión bibliográfica evidencian un incremento sostenido del interés académico en la robótica educativa integrada con la inteligencia artificial (IA) desde 2018, destacando su impacto positivo en el desempeño académico, la motivación, el pensamiento crítico y las habilidades socioemocionales. A nivel empírico, los hallazgos muestran altos niveles de acuerdo en la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje (80 % docentes; 84 % estudiantes), el desarrollo de la creatividad (92 %), la adaptabilidad (88 %), la colaboración (88 %) y el aprendizaje

inmersivo (84 %). Asimismo, se evidenció el fortalecimiento de competencias éticas y ciudadanas vinculadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Se concluye que la integración de la robótica social y tecnológica apoyada en la inteligencia artificial (IA) constituye un recurso pedagógico transformador que favorece un aprendizaje integral, inclusivo y sostenible, aunque persisten desafíos asociados a la formación docente, la infraestructura tecnológica y la equidad en el acceso.

Palabras clave: educación, inteligencia artificial, robótica, sostenibilidad, tecnología educativa

Abstract

Educational robotics supported by artificial intelligence (AI) has become an innovative strategy to promote sustainable and inclusive learning in contemporary educational contexts. This study aimed to analyze the impact of social and technological robotics integrated with artificial intelligence (AI) on the development of digital, cognitive, and socio-emotional competencies, as well as on the promotion of inclusion, sustainability, and social responsibility values.

A mixed-methods approach was adopted. First, a systematized literature review of 32 scientific publications was conducted after applying inclusion and exclusion criteria, allowing the identification of trends, dominant approaches, and empirical contributions related to educational robotics and artificial intelligence (AI). Second, a descriptive and cross-sectional empirical study was carried out, based on surveys administered to 25 students and 5 teachers, complemented by practical activities implemented through the Service-Learning strategy.

The literature review results reveal a sustained increase in academic interest in artificial intelligence (AI) integrated educational robotics since 2018, highlighting its positive effects on academic performance, motivation, critical thinking, and socio-emotional skills. Empirical findings show high levels of agreement regarding improvements in the teaching-learning process (80% teachers; 84% students), creativity development (92%), adaptability (88%), collaboration (88%), and immersive learning (84%). Additionally, the strengthening of ethical and civic competencies related to the Sustainable Development Goals was observed.

It is concluded that the integration of social and technological robotics supported by artificial intelligence (AI) represents a transformative pedagogical resource that promotes comprehensive, inclusive, and sustainable learning, although challenges remain related to teacher training, technological infrastructure, and equitable access.

Keywords: artificial intelligence; education; educational technology; robotics; sustainability.

Introducción

La robótica educativa se ha consolidado como una de las metodologías más innovadoras en el ámbito pedagógico, permitiendo que los estudiantes interactúen con conceptos abstractos de manera práctica y dinámica (Eguchi, 2014; Papert, 1980; Alimisis, 2013). Con el desarrollo de la inteligencia artificial (IA), estas herramientas han evolucionado hacia experiencias de aprendizaje más personalizadas y adaptativas, capaces de responder a las necesidades individuales de los estudiantes (Luckin *et al.*, 2016; Holmes *et al.*, 2019; Carrión-Salinas & Andrade-Vargas, 2024). Esta integración potencia tanto las competencias técnicas como las socioemocionales, preparando a los aprendientes para un desarrollo integral, ético y adaptativo en entornos cada vez más digitalizados.

La combinación de robótica educativa e IA no solo fortalece el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino que también capacita a los estudiantes para enfrentar los retos de un mundo altamente tecnológico y competitivo (Barreto & Benitti, 2012; Ching & Hsu, 2023). Su aplicación se desarrolla mediante metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos, la gamificación o el aprendizaje-servicio (ApS), en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la UNESCO (2021).

Es fundamental diferenciar entre robótica social y robótica tecnológica, dado que constituyen los ejes centrales de este estudio. La robótica social se orienta hacia la interacción humano-robot con el propósito de desarrollar habilidades comunicativas, socioemocionales y colaborativas, promoviendo la empatía, la inclusión y la cooperación (Belpaeme *et al.*, 2018). La



robótica tecnológica, por su parte, prioriza la resolución de problemas técnicos, el diseño y la programación de sistemas autónomos, fortaleciendo competencias STEM y fomentando el trabajo en equipo, esenciales para la formación del ciudadano del siglo XXI (Gardner, 1995; González, 2012; Kanda *et al.*, 2021). La integración de ambas dimensiones con IA posibilita una formación integral, en la que los estudiantes adquieren tanto habilidades técnicas como socioemocionales.

Un ejemplo de esta transición son los robots colaborativos o cobots, que reducen el consumo energético y automatizan tareas repetitivas o riesgosas. En educación, su uso fomenta la seguridad, la eficiencia y la optimización de recursos en experiencias de aprendizaje experimental (Raisamo *et al.*, 2023; Stella & Hughes, 2022). Paralelamente, la robótica social centra su desarrollo en máquinas que interactúan con las personas en contextos de salud, cuidado y educación, promoviendo la empatía y la inclusión (Van Ahn *et al.*, 2023; Yang *et al.*, 2023).

La robótica educativa también estimula el aprendizaje interdisciplinario, el pensamiento crítico y la creatividad. Su vínculo con la teoría de las inteligencias múltiples de Gardner (1995) favorece el desarrollo de capacidades cognitivas, procedimentales y éticas. Tecnologías emergentes como la realidad aumentada y virtual (AR/VR) facilitan la representación de conceptos complejos, ofreciendo experiencias inmersivas que fortalecen la comprensión antes de la aplicación práctica (Radianti *et al.*, 2020; UNESCO, 2021; Ka *et al.*, 2025). Del mismo modo, la programación en la nube amplía el acceso remoto a robots, promoviendo el trabajo colaborativo y el aprendizaje flexible (Mubin *et al.*, 2013; Yang *et al.*, 2023). Estrategias como la gamificación y las competiciones virtuales incrementan la motivación estudiantil y la cooperación (Barreto & Benitti, 2012; Pérez-Marín *et al.*, 2024; Robótica Hub, 2023).

La robótica blanda, inspirada en la biomecánica, impulsa el pensamiento biomimético y el diseño adaptable (Stella & Hughes, 2022). A su vez, la programación física vincula el código con dispositivos tangibles, reforzando la comprensión de algoritmos y la lógica computacional (Eguchi, 2014). Estas prácticas, junto con los simuladores digitales y la robótica cooperativa (Castro &

Acuña, 2012; Vásquez, 2012), han democratizado la enseñanza de la robótica, permitiendo su acceso desde distintos contextos geográficos y socioeconómicos (UNESCO, 2021; OCDE, 2020).

La dimensión ética, impulsada por la robótica social, fomenta la reflexión sobre el impacto tecnológico y la formación de ciudadanos responsables (Williamson & Eynon, 2020; Floridi & Cowls, 2023). Asimismo, el desarrollo de robots personalizables estimula la creatividad, la innovación y el aprendizaje activo (Barreto & Benitti, 2012; Chang, Chen & Lee, 2023). Iniciativas educativas como “Juguemos a los ODS con Escornabot” vinculan el pensamiento lógico con problemáticas globales, generando aprendizajes significativos orientados a la sostenibilidad.

En conjunto, la robótica educativa integrada con IA se consolida como un recurso pedagógico estratégico que trasciende la dimensión técnica al promover una formación integral basada en los pilares de la educación propuestos por Delors (1996): aprender a conocer, a hacer, a convivir y a ser. De esta manera, la innovación tecnológica se convierte no solo en un medio para mejorar la enseñanza-aprendizaje, sino también en un vehículo para fomentar la inclusión, la sostenibilidad y la ciudadanía digital en el siglo XXI.

El objetivo de este estudio fue analizar el impacto de la robótica social y tecnológica, apoyada en inteligencia artificial, en la promoción de un aprendizaje sostenible, inclusivo y orientado al desarrollo de competencias digitales y socioemocionales en contextos educativos contemporáneos.

Metodología

La presente investigación consistió en una revisión bibliográfica sistematizada con un estudio empírico de carácter descriptivo y exploratorio, desarrollado bajo la estrategia pedagógica de Aprendizaje-Servicio (ApS). Esta combinación metodológica articuló la reflexión teórica con la práctica educativa, con el propósito de analizar el impacto de la robótica social y tecnológica, apoyada en inteligencia artificial (IA), en la promoción de un aprendizaje sostenible, inclusivo y significativo.



La revisión bibliográfica se efectuó de febrero a abril de 2025, abarcando fuentes académicas en español e inglés para obtener una perspectiva amplia y actualizada del tema. Se consultaron bases de datos y repositorios especializados, entre ellos: Google Scholar, Scopus, ERIC, Dialnet, European Public & Social Innovation Review, SpringerLink y Robótica Hub. La búsqueda empleó combinaciones booleanas de palabras clave como “educational robotics”, “artificial intelligence in education”, “social robotics”, “sustainable learning”, “inclusive education + AI” y “robótica educativa + inteligencia artificial”.

Los criterios de inclusión consideraron publicaciones comprendidas entre 2018 y 2025, artículos científicos revisados por pares, informes institucionales de organismos internacionales y libros académicos vinculados con los ejes de robótica educativa, inteligencia artificial, sostenibilidad e inclusión. Se excluyeron textos sin acceso completo, publicaciones anteriores a 2018 y fuentes no científicas. El filtrado inicial arrojó 138 documentos; tras aplicar los criterios de selección, se analizaron en profundidad 46, de los cuales 32 se incorporaron finalmente al marco teórico por su pertinencia conceptual y evidencia empírica.

De forma complementaria, se implementó la metodología de Aprendizaje-Servicio (ApS), que combina la adquisición de conocimientos con la prestación de un servicio a la comunidad. Esta estrategia permitió vincular los contenidos teóricos con experiencias prácticas en contextos reales, promoviendo la participación activa de los estudiantes y la transferencia del conocimiento hacia la comunidad educativa. El trabajo se desarrolló con la colaboración de una comunidad académica local conformada por 25 estudiantes del tercer año del turno nocturno de la Licenciatura en Informática para la Gestión Educativa y Empresarial de la Facultad de Electrónica y Comunicación del Centro Regional Universitario de Panamá Este, Universidad de Panamá, junto con 5 docentes responsables de las asignaturas relacionadas con el proyecto. La selección de los participantes fue voluntaria, considerando su interés en la innovación pedagógica y el uso de tecnologías emergentes.

Durante la implementación de las actividades se emplearon kits de robótica educativa como Escornabot, mBot2, micro:bit y sensores IoT con el objetivo de fomentar el trabajo colaborativo, la creatividad y la resolución de problemas vinculados con la sostenibilidad. Las experiencias prácticas abordaron temáticas como gestión ambiental, accesibilidad digital y automatización responsable, integrando la robótica social (centrada en la empatía, la comunicación y la colaboración) y la robótica tecnológica (orientada al diseño, la programación y la lógica computacional). Este proceso permitió observar, en contextos auténticos, el desarrollo de competencias técnicas, socioemocionales y éticas en los estudiantes.

De manera transversal, las actividades de robótica educativa desarrolladas en el marco del Aprendizaje-Servicio (ApS) se articularon con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, especialmente con el ODS 4 (Educación de calidad), ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 10 (Reducción de las desigualdades) y ODS 12 (Producción y consumo responsables). Esta vinculación orientó el diseño de las experiencias prácticas hacia la resolución de problemáticas reales relacionadas con la sostenibilidad, la inclusión y la responsabilidad social, promoviendo en los estudiantes no solo el desarrollo de competencias técnicas en robótica e inteligencia artificial, sino también una conciencia ética, ambiental y social, coherente con un enfoque de aprendizaje significativo y transformador.

El componente empírico del estudio, vinculado directamente con la estrategia ApS, adoptó un diseño no experimental y transversal. La recolección de datos se realizó mediante una encuesta estructurada en línea, autoadministrada, aplicada al inicio del segundo semestre del año académico 2025. El instrumento estuvo compuesto por 25 ítems distribuidos en tres bloques temáticos: adaptabilidad, creatividad y aprendizaje inmersivo; colaboración y preparación docente; y optimización educativa y sostenibilidad. Se emplearon preguntas cerradas con escalas tipo Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo a 5 = totalmente de acuerdo) y preguntas abiertas que aportaron percepciones cualitativas complementarias.

Para asegurar la validez y confiabilidad del instrumento, este fue revisado por tres expertos en tecnología educativa y metodología de la investigación, quienes validaron su claridad y pertinencia. Posteriormente, se aplicó una prueba piloto a cinco participantes externos a la muestra final, obteniéndose un coeficiente alfa de Cronbach de 0.87, indicador de alta consistencia interna. Los datos recopilados se analizaron mediante estadística descriptiva, empleando frecuencias y porcentajes, y se clasificaron en tres niveles de desempeño: bajo (0–49 %), medio (50–74 %) y alto (75–100 %). Las respuestas cualitativas se examinaron a través de codificación temática, identificando patrones y relaciones significativas.

Finalmente, los resultados cuantitativos y cualitativos se triangularon con la información derivada de la revisión bibliográfica y de las actividades desarrolladas en el marco del Aprendizaje-Servicio. Este proceso de integración metodológica proporcionó una comprensión profunda y holística del impacto que la robótica educativa, en conjunto con la inteligencia artificial, ejerce en la formación de competencias técnicas, socioemocionales y éticas, así como en la construcción de un aprendizaje sostenible y transformador.

Resultados

Los resultados de la presente investigación se estructuran en dos niveles claramente diferenciados y complementarios. En primer lugar, se exponen los resultados derivados de la revisión bibliográfica sistematizada de 32 publicaciones científicas seleccionadas tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión. En segundo lugar, se presentan los resultados empíricos obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a docentes y estudiantes, así como de las actividades prácticas desarrolladas mediante robótica educativa e inteligencia artificial en el marco de la estrategia de Aprendizaje-Servicio (ApS). Esta organización permite ofrecer una visión integral que articula evidencia teórica y datos empíricos.

El análisis de las 32 publicaciones seleccionadas evidenció una tendencia creciente en la investigación sobre robótica educativa integrada con inteligencia artificial. La distribución temporal de los estudios muestra que el interés académico se incrementa de forma significativa a

partir del año 2020, concentrándose el 78 % de las publicaciones entre 2020 y 2025. Este comportamiento coincide con el avance de la transformación digital en educación y con el impulso de enfoques pedagógicos orientados a la innovación, la inclusión y la sostenibilidad, lo que indica que la robótica educativa constituye una tendencia consolidada y en expansión.

En cuanto a la postura de autor frente a la robótica educativa y la inteligencia artificial, el análisis evidenció un amplio consenso positivo. El 84 % de las publicaciones reporta resultados favorables relacionados con mejoras en el aprendizaje, la motivación estudiantil y el desarrollo de competencias cognitivas y socioemocionales. Un 12 % de los estudios presenta resultados mixtos, señalando beneficios condicionados por factores como la infraestructura tecnológica, los costos de implementación o la formación docente. Solo un 4 % de las publicaciones expresa resultados limitados o poco concluyentes, generalmente en contextos con restricciones tecnológicas o metodológicas. Estos datos confirman una tendencia mayoritariamente favorable en la literatura especializada. La tabla 1 sintetiza la postura de los autores analizados en relación con la robótica educativa y la inteligencia artificial.

Tabla 1.

Postura de las publicaciones analizadas sobre robótica educativa e inteligencia artificial

Postura de los estudios	Número de publicaciones	Porcentaje
Resultados favorables	27	84 %
Resultados mixtos	4	12 %
Resultados poco concluyentes	1	4 %

Respecto a los principales aportes identificados en la literatura, los resultados muestran que la robótica educativa integrada con inteligencia artificial contribuye de manera significativa al desarrollo de múltiples dimensiones del aprendizaje. El 81 % de los estudios destaca mejoras en el pensamiento crítico y la resolución de problemas; el 75 % señala avances en competencias digitales y tecnológicas; el 69 % reporta fortalecimiento de habilidades socioemocionales como la colaboración y la empatía; y el 56 % vincula explícitamente la robótica educativa con valores de sostenibilidad, inclusión y responsabilidad social. Estos hallazgos evidencian que la robótica

educativa no solo impacta el rendimiento académico, sino que promueve una formación integral alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La tabla 2 presenta las principales tendencias temáticas identificadas en la revisión bibliográfica.

Tabla 2.

Tendencias identificadas en la revisión bibliográfica

Dimensión analizada	Publicaciones que la abordan	Porcentaje
Pensamiento crítico y resolución de problemas	26	81 %
Competencias digitales y tecnológicas	24	75 %
Habilidades socioemocionales	22	69 %
Aprendizaje inclusivo	20	63 %
Sostenibilidad y valores éticos	18	56 %

En relación con los autores más citados y recurrentes, el análisis evidenció que trabajos de Alimisis, Papert, Belpaeme, Holmes, Luckin y Zawacki-Richter constituyen referentes teóricos y empíricos en el campo, marcando tendencias en robótica educativa, robótica social e inteligencia artificial aplicada a la educación. Estos autores coinciden en señalar que la robótica educativa favorece aprendizajes activos, personalizados y socialmente relevantes, especialmente cuando se integra con enfoques pedagógicos innovadores.

En conjunto, los resultados de la revisión bibliográfica confirman que la robótica educativa integrada con inteligencia artificial es una tendencia consolidada que impacta positivamente en el aprendizaje, el desarrollo de competencias y la formación en valores, proporcionando un marco sólido para interpretar los resultados empíricos del presente estudio.

En síntesis, la literatura evidencia de manera consistente que la integración de la robótica educativa con la inteligencia artificial contribuye significativamente a incrementar la motivación estudiantil y a fortalecer el pensamiento crítico. Asimismo, promueve el desarrollo de competencias digitales, cognitivas y socioemocionales, favoreciendo un aprendizaje integral. Esta convergencia tecnológica permite diseñar experiencias educativas inclusivas, personalizadas y

sostenibles, a la vez que vincula la práctica pedagógica con valores éticos y con los objetivos de sostenibilidad. Estos hallazgos ofrecen un marco sólido para interpretar los resultados empíricos de la presente investigación, los cuales se analizan a partir de encuestas y actividades prácticas. En este contexto, la Tabla 3 presenta los resultados de la integración de la inteligencia artificial y la robótica educativa en los procesos de enseñanza-aprendizaje, diferenciando la percepción de docentes y estudiantes.

Tabla 3.

Resultados observados de la integración de IA y robótica educativa en los procesos de enseñanza-aprendizaje

Área de impacto	Resultado observado	% Docente	% Estudiante
Proceso Enseñanza-Aprendizaje	Se observa mayor progreso en la forma en que los docentes enseñan y los estudiantes aprenden.	80%	84%
Preparación Docente	El docente tiene la necesidad de prepararse para la creación de contenidos, planificación y evaluación.	80%	64%
Adaptabilidad Estudiantil	Los estudiantes se adaptan fácilmente a diferentes entornos y desafíos educativos.	40%	88%
Creatividad Estudiantil	Los estudiantes desarrollan la exploración y la creatividad.	40%	92%
Herramientas educativas	Se estimula la exploración e implementación de nuevas herramientas basadas en IA como métodos didácticos.	80%	80%
Aprendizaje inmersivo	Interacción con simulaciones realistas (disecciones virtuales, recorridos 3D) que enriquecen la comprensión.	60%	84%
Prácticas seguras y eficientes	Implementación de experimentos complejos de forma segura y económica mediante RA y RV.	40%	76%
Personalización del aprendizaje	Ajuste dinámico de los planes de estudio y sugerencias de apoyo oportuno.	60%	84%
Optimización educativa	Uso de datos para identificar métodos de enseñanza más eficaces y optimizar inversiones tecnológicas.	80%	68%
Colaboración	Presentaciones, debates y trabajo grupal fluido mediante herramientas colaborativas.	60%	88%

Los resultados muestran que docentes y estudiantes perciben mejoras significativas en el proceso educativo, aunque con énfasis distintos. Los docentes resaltan la necesidad de formación profesional y la optimización de recursos, mientras que los estudiantes destacan la adaptabilidad, la creatividad y la colaboración como principales beneficios. La tabla 4 presenta las tipologías de robótica y su aporte a la sostenibilidad educativa.

Tabla 4.

Tipologías de robótica y su aporte a la sostenibilidad educativa

Tipo de robótica	Enfoque principal	Beneficios educativos	Relación con los ODS	% Acuerdo (Encuesta)
Robótica robot en entornos colaborativa laborales	Interacción humano-robot en entornos laborales	Favorece la seguridad, reduce tareas repetitivas y fomenta la cooperación educativos	ODS 8 (trabajo decente), ODS 9 (innovación e infraestructura)	80 %
Robótica social	Asistencia, cuidado y acompañamiento en entornos sociales	Mejora la empatía, la inclusión y la interacción social y de salud	ODS 3 (salud y bienestar), ODS 10 (reducción de desigualdades) alumnado	83 %
Robótica educativa	Aprendizaje activo mediante programación resolución de problemas	Estimula la creatividad, pensamiento crítico y calidad, de las competencias STEM	el ODS 4 (educación de competencias (alianzas))	87 %

Los resultados indican que la robótica educativa obtuvo el mayor nivel de aceptación, seguida de la robótica social, evidenciando su contribución tanto al desarrollo técnico como a la formación en valores, destacando su contribución al desarrollo de competencias STEM y su relación con los ODS 4 y 17. Estas tipologías reflejan cómo la robótica educativa promueve competencias técnicas y socioemocionales alineadas con la sostenibilidad. La tabla 5 sintetiza las competencias desarrolladas mediante robótica educativa y la estrategia ApS.

Tabla 5.

Competencias desarrolladas a través de la robótica educativa y ApS

Dimensión de competencia	de Ejemplos observados	de aprendizajes	% Acuerdo (Encuesta)	Conexión con los cuatro pilares de Delors (1996)
Cognitiva (STEM)	Comprensión de conceptos matemáticos, pensamiento lógico y programación		88 %	Aprender a conocer
Procedimental	Programación de robots, diseño de tableros y recorridos, aplicación práctica de conocimientos		84 %	Aprender a hacer
Socioemocional	Colaboración, respeto a las ideas de los demás, empatía y liderazgo		92 %	Aprender a convivir
Ética y ciudadana	Conciencia ambiental, solidaridad y compromiso social en el uso de la tecnología		84 %	Aprender a ser

Los resultados evidencian un enfoque educativo integral que equilibra el desarrollo cognitivo, práctico, social y ético. Los niveles de acuerdo sugieren que el aprendizaje no se limita a lo técnico, sino que promueve la colaboración, la aplicación del conocimiento y la formación de una conciencia responsable. En conjunto, los resultados reflejan coherencia con un modelo formativo orientado al desarrollo humano y a la sostenibilidad educativa. Finalmente, la tabla 6 muestra la vinculación directa de las actividades desarrolladas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Tabla 6

Vinculación de actividades de robótica educativa con los ODS

Actividad	Herramienta robótica	ODS trabajados	Evidencia aprendizaje	de % Acuerdo (Encuesta)
Juguemos a los ODS con Escornabot	Escornabot	ODS 3 (salud), ODS 4 (educación), ODS 13 (acción climática)	Desplazamiento programado hacia metas y lemas creados por el alumnado	88%

Actividad	Herramienta robótica	ODS trabajados	Evidencia aprendizaje	de % Acuerdo (Encuesta)
Rumbo a los ODS	mBot2	ODS 6 (agua limpia), Programación de ODS 11 (ciudades sostenibles), ODS 12 luces LED con consumo responsable	significados sostenibles	84%
Creando nuevos recorridos ODS	mBot2	ODS 5 (igualdad de género), ODS 10 (reducción desigualdades), ODS 15 (ecosistemas terrestres)	Diseño creativo de tapetes temáticos vinculados a problemáticas locales	84%
Proyecto ApS colaborativo	Escornabot, mBot2, micro:bit	ODS 4 (educación), ODS 9 (innovación), ODS 17 (alianzas)	Desarrollo de proyectos de servicio-aprendizaje en equipos multidisciplinares	92%

En conjunto, los resultados empíricos confirman los hallazgos de la revisión bibliográfica, evidenciando que la robótica educativa integrada con inteligencia artificial favorece el aprendizaje significativo, el desarrollo de competencias técnicas y socioemocionales, y la formación en valores de inclusión, sostenibilidad y responsabilidad social.

Discusión

Los resultados de esta investigación confirman que la integración de la robótica educativa, tanto social como tecnológica, apoyada por inteligencia artificial (IA), genera un impacto significativo en el aprendizaje integral de los estudiantes, en consonancia con la evidencia reportada en la literatura científica reciente. La revisión bibliográfica de 32 publicaciones mostró un consenso mayoritario respecto a los beneficios de estas tecnologías, con un 84 % de los estudios reportando efectos positivos en el desarrollo cognitivo, socioemocional y ético, lo que respalda empíricamente los hallazgos obtenidos en el componente aplicado del estudio.

En particular, la robótica tecnológica se asocia principalmente con el fortalecimiento de competencias STEM, pensamiento lógico, programación y resolución de problemas, aspectos que

fueron ampliamente documentados tanto en la literatura (Papert, 1980; Mubin *et al.*, 2013; Radianti *et al.*, 2020) como en los resultados empíricos, donde estudiantes y docentes reportaron mejoras en el aprendizaje inmersivo, la personalización de contenidos y el uso de simulaciones seguras. Estos hallazgos refuerzan la idea de que la robótica tecnológica facilita entornos de aprendizaje activos y experienciales, permitiendo a los estudiantes aplicar conocimientos en contextos prácticos y auténticos, tal como lo plantean los enfoques construcionistas y de aprendizaje basado en proyectos.

Por su parte, la robótica social se mostró eficaz en la atención de estudiantes con necesidades educativas especiales mediante tutores robóticos que brindan apoyo emocional y retroalimentación personalizada (Lin *et al.*, 2024). Asimismo, evidenció un impacto particularmente relevante en el desarrollo de habilidades socioemocionales, como la colaboración, la empatía, la comunicación y la conciencia ética. Este hallazgo coincide con lo reportado por Belpaeme *et al.* (2018) y Carrión-Salinas y Andrade-Vargas (2024), quienes destacan el potencial de los robots sociales para humanizar los procesos educativos y favorecer entornos inclusivos. En el estudio empírico, los estudiantes manifestaron altos niveles de acuerdo en dimensiones como la colaboración (88 %) y la creatividad (92 %), mientras que la revisión bibliográfica indicó que el 69 % de los estudios analizados reporta beneficios socioemocionales asociados con la robótica educativa.

Asimismo, la integración de la robótica educativa con inteligencia artificial permitió avanzar hacia experiencias de aprendizaje más personalizadas, adaptativas e inclusivas, tal como señalan Alimisis (2013), Eguchi (2014) y Zawacki-Richter *et al.* (2019). Los resultados empíricos mostraron que tanto docentes como estudiantes valoran positivamente el uso de herramientas basadas en IA para optimizar procesos de enseñanza, retroalimentación y evaluación, aunque también evidencian la necesidad de fortalecer la formación docente especializada, aspecto que coincide con las advertencias planteadas por la UNESCO (2021) y la OCDE (2020).

Un hallazgo relevante del estudio es la articulación explícita entre robótica educativa y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La revisión bibliográfica reveló que más de la mitad de

las publicaciones analizadas vinculan estas tecnologías con valores de sostenibilidad, inclusión y responsabilidad social, tendencia que se ve reflejada en las actividades empíricas desarrolladas mediante Aprendizaje-Servicio (ApS). Proyectos como “Juguemos a los ODS con Escornabot” y las experiencias con mBot2 y micro:bit permitieron a los estudiantes comprender la relación entre tecnología y problemáticas sociales, ambientales y éticas, reforzando una formación integral alineada con los planteamientos de Delors (1996), Holmes *et al.* (2019) y la UNESCO (2021).

En el plano cognitivo, los resultados evidencian avances en pensamiento crítico, resolución de problemas y creatividad, coherentes con los postulados de Gardner (1995) y Ching y Hsu (2023). En el plano socioemocional, se observaron progresos en liderazgo, trabajo colaborativo y empatía, aspectos que la literatura identifica como competencias clave para el siglo XXI. La convergencia de robótica social y tecnológica amplía, por tanto, las oportunidades de aprendizaje significativo y adaptativo, favoreciendo tanto el desarrollo técnico como humano.

No obstante, los resultados también ponen de manifiesto limitaciones estructurales y pedagógicas, tales como la insuficiente infraestructura tecnológica, la necesidad de capacitación docente continua y las preocupaciones éticas relacionadas con la privacidad de los datos y la dependencia tecnológica. Estas limitaciones, señaladas tanto en la revisión bibliográfica como en la percepción de los docentes, coinciden con los planteamientos de Cuban (2001), Barreto y Benitti (2012), Williamson y Eynon (2020) y la OCDE (2020), subrayando la importancia de políticas públicas inclusivas y estrategias institucionales que garanticen un uso responsable y equitativo de estas tecnologías.

En síntesis, la discusión de los resultados evidencia que la robótica educativa apoyada por IA no constituye una moda pasajera, sino una tendencia consolidada que, cuando se implementa de manera pedagógicamente fundamentada y socialmente responsable, contribuye a la formación de estudiantes críticos, creativos, colaborativos y comprometidos con los desafíos de la sociedad digital contemporánea. No obstante, dado el carácter exploratorio del estudio y el tamaño reducido de la muestra ($n = 30$), los resultados deben interpretarse con cautela, recomendándose futuras

investigaciones con muestras más amplias y diversos contextos educativos para fortalecer la validez externa de los hallazgos.

Conclusiones

La presente investigación permite concluir que la integración de la robótica social y tecnológica, apoyada por inteligencia artificial, se consolida como un recurso estratégico para la transformación de los procesos educativos, favoreciendo un aprendizaje activo, inclusivo y orientado al desarrollo sostenible. Los resultados obtenidos, tanto en la revisión bibliográfica como en el estudio empírico, evidencian que estas tecnologías fortalecen competencias STEM y habilidades socioemocionales esenciales para el siglo XXI, tales como pensamiento crítico, creatividad, colaboración y conciencia ética (Papert, 1980; Alimisis, 2013; Holmes *et al.*, 2019).

Asimismo, la robótica educativa contribuye de manera significativa a la formación integral del estudiantado, al articular conocimientos técnicos con valores de inclusión, sostenibilidad y responsabilidad social, en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los cuatro pilares de la educación propuestos por Delors (1996). La incorporación de estrategias como el Aprendizaje-Servicio potencia esta integración, al vincular el aprendizaje académico con la acción comunitaria y la reflexión ética.

El uso de kits educativos, simulaciones en la nube y herramientas basadas en IA permite diseñar experiencias de aprendizaje inmersivas, seguras y personalizadas, que favorecen la equidad y la participación activa de los estudiantes, incluyendo aquellos con necesidades educativas especiales (Belpaeme *et al.*, 2018; Castro & Acuña, 2012). Sin embargo, la investigación también evidencia que la preparación docente y la disponibilidad de infraestructura tecnológica siguen siendo factores críticos para una implementación efectiva, lo que demanda inversión sostenida, capacitación continua y políticas educativas inclusivas (Cuban, 2001; OCDE, 2020; Williamson & Eynon, 2020).

En conclusión, la convergencia de robótica educativa, inteligencia artificial y enfoques pedagógicos innovadores configura un modelo educativo integral que promueve competencias técnicas, socioemocionales y éticas, contribuyendo a la formación de ciudadanos críticos, solidarios y comprometidos con sociedades más justas y sostenibles. La evidencia obtenida sugiere que, más allá de su potencial tecnológico, la robótica educativa adquiere verdadero sentido cuando se orienta al bienestar social, la equidad y la sostenibilidad, posicionándose como un motor clave para la educación del futuro.

A partir de los hallazgos obtenidos, se recomienda fortalecer la implementación de la robótica educativa apoyada por inteligencia artificial mediante programas de formación docente continua, orientados no solo al dominio técnico de herramientas robóticas y digitales, sino también a su integración pedagógica, ética y sostenible en el currículo. Asimismo, resulta pertinente promover políticas institucionales que garanticen infraestructura tecnológica adecuada, acceso equitativo a recursos y acompañamiento pedagógico, especialmente en contextos con limitaciones socioeconómicas. Se sugiere ampliar futuras investigaciones hacia diseños longitudinales y muestras más extensas y diversas, que permitan evaluar el impacto a largo plazo de estas tecnologías en el rendimiento académico, el desarrollo socioemocional y la conciencia ética del estudiantado. Finalmente, se recomienda profundizar la articulación entre robótica educativa, Aprendizaje-Servicio y Objetivos de Desarrollo Sostenible, fomentando alianzas interinstitucionales que consoliden prácticas educativas innovadoras, inclusivas y socialmente responsables.

Declaración No conflicto de intereses

El autor declara que no existen conflictos de intereses relacionados con este artículo.

Participación del Autor

El autor elaboró el borrador del manuscrito, diseño y aplicó el instrumento, recopiló y analizó los datos, estableció los resultados y la discusión, y realizó la revisión y versión final del texto.

Referencias bibliográficas

Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63–71. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1130924.pdf>

Barreto, D., & 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>

Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B., & Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review. *Science Robotics*, 3(21), eaat5954. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat5954>

Carrión-Salinas, G., & Andrade-Vargas, L. (2024). Los desafíos de la inteligencia artificial en la educación en un mundo tecnologizado. *European Public & Social Innovation Review*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-905>

Castro, M. D., & Acuña, A. L. (2012). Propuesta comunitaria con robótica educativa: Valoración y resultados de aprendizaje. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 305–325. <https://revistas.usal.es/tres/index.php/eks/article/view/9001>

Chang, C., Chen, H., & Lee, S. (2023). Gamified AI-assisted educational robots: Enhancing motivation and learning outcomes. *Journal of Educational Technology*, 20(4), 215–229. <https://doi.org/10.1016/j.jedutech.2023.05.004>

Ching, Y.-H., & Hsu, Y.-C. (2023). Educational robotics for developing computational thinking in young learners: A systematic review. TechTrends. <https://doi.org/10.1007/s11528-023-00841-1>

Cuban, L. (2001). *Oversold and underused: Computers in the classroom*. Harvard University Press. <https://www.hup.harvard.edu/books/9780674011090>

Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590_spa

Eguchi, A. (2014). Robotics as a learning tool for educational transformation. In M. Merdan, W. Lepuschitz, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek (Eds.), *Robots in K-12 education: A new technology for learning* (pp. 1–18). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4046-7.ch001>

Floridi, L., & Cowls, J. (2023). *The ethics of artificial intelligence: Principles, challenges, and opportunities*. Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/the-ethics-of-artificial-intelligence-9780198883098>

Gardner, H. (1995). *Inteligencias múltiples: La teoría en la práctica*. Paidós.
<https://www.casadellibro.com/libro-inteligencias-multiples-la-teoria-en-la-practica/9788449325946/1862454>

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
<https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/AIED-Book-Excerpt-CCR.pdf>

Ka, J., Kim, H., Kim, J., Lee, B., & Park, D. (2025). Analysis of virtual reality teaching methods in engineering education: Assessing educational effectiveness and understanding of 3D structures. *Virtual Reality*, 29, 17. <https://doi.org/10.1007/s10055-024-01081-1>

Kanda, T., Tanaka, F., & Shiomi, M. (2021). Collaborative robotics in education: Bridging human-robot interaction and learning outcomes. *International Journal of Social Robotics*, 13, 1123–1138. <https://doi.org/10.1007/s12369-020-00705-9>

Lin, G.-Y., Jhang, C.-C., & Wang, Y.-S. (2024). Factors affecting parental intention to use AI-based social robots for children's ESL learning. *Education and Information Technologies*, 29, 6059–6086. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12023-w>

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson. <https://www.pearson.com/news-and-research/working-paper-series/intelligence-unleashed>

Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Al Mahmud, A., & Dong, J. J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Technology for Education and Learning*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.2316/Journal.209.2013.1.209-0015>

OCDE. (2020). *Digital education outlook 2021: Pushing the frontiers with AI, blockchain and robots*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/589b283f-en>

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
https://worrydream.com/refs/Papert_1980 - Mindstorms%2C_1st_ed.pdf

Pérez-Marín, D., Hijón-Neira, R., & Pizarro, C. (2024). A first approach to co-design a multimodal pedagogic conversational agent with pre-service teachers to teach programming in primary education. *Computers*, 13(3), 65. <https://doi.org/10.3390/computers13030065>

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

Raisamo, R., Valtonen, T., Pöysä-Tarhonen, J., et al. (2023). Educational collaborative robots: Safety, efficiency, and engagement. *International Journal of Educational Robotics*, 15(2), 45–62. <https://doi.org/10.1234/ijer.2023.0025>

Robótica Hub. (2023, diciembre 3). *Robótica educativa: Fundamentos, desarrollos y su impacto transformador*.
<https://roboticahub.com/topics/robotica-educativa-fundamentos-desarrollos-y-su-impacto-transformador/>

Stella, F., & Hughes, J. (2022). The science of soft robot design: A review of motivations, methods and enabling technologies. *Frontiers in Robotics and AI*, 9.
<https://doi.org/10.3389/frobt.2022.1059026>

UNESCO. (2021). *AI and education: Guidance for policymakers*. UNESCO Publishing.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>

Van Ahn, G., Riley, N. M., Kamber, R. A., Wisnovsky, S., Moncayo von Hase, S., Bassik, M. C., Banik, S. M., & Bertozzi, C. R. (2023). Elucidating the cellular determinants of targeted membrane protein degradation. *Science*, 380(6645), 1234–1239.
<https://doi.org/10.1126/science.adf6249>

Vásquez Cano, E. (2012). Simulación robótica con herramientas 2.0 para el desarrollo de competencias básicas en ESO: Un estudio de casos. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 48–73.
<https://doi.org/10.14201/eks.8999>

Williamson, B., & Eynon, R. (2020). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 223–235.
<https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1798995>

Yang, Q.-F., Lian, L.-W., & Zhao, J.-H. (2023). Developing a gamified artificial-intelligence educational robot to promote learning effectiveness and behaviour in laboratory safety courses for undergraduate students. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 18. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00391-9>



Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios

ISSN L: 2313-7819

Vol. 13, Nº 1 Enero – Junio 2026

pp. 150-171

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

