

CIENCIA Y DESCUBRIMIENTO

Revista Científica Multidisciplinar



ISSN 3073-1232

Año: 2026

Volumen: 4

Número: 2

abr-jun

**ROBÓTICA EDUCATIVA COMO
ESTRATEGIA DIDÁCTICA BASADA EN
METODOLOGÍA STEAM PARA EL
FORTALECIMIENTO DEL APRENDIZAJE
INTERDISCIPLINARIO: CASO DEL
PROGRAMA EDUCATIVO ROBOTIC MINDS
AT THE SCHOOL**

**EDUCATIONAL ROBOTICS AS A DIDACTIC
STRATEGY BASED ON THE STEAM
METHODOLOGY FOR STRENGTHENING
INTERDISCIPLINARY LEARNING: CASE OF
THE ROBOTIC MINDS AT THE SCHOOL
EDUCATIONAL PROGRAM**

Autor:

Dr. Rodríguez Hernández, Erik Datne
<https://orcid.org/0000-0002-5935-3500>

erikrodriguez19@gmail.com

Robotic Minds Edtech Company
Quito - Ecuador

Coautor:

Ing. Astudillo Salvador, Edison David Dr.hc.
<https://orcid.org/0009-0004-0276-0537>

davidastudillo123@gmail.com
Robotic Minds Edtech Company
Quito- Ecuador



Recibido: 02/05/2026

Aceptado: 25/05/2026

Publicado: 19/06/2026

**Robótica educativa como estrategia didáctica basada en metodología
STEAM para el fortalecimiento del aprendizaje interdisciplinario: caso del
programa educativo Robotic Minds at the School**

**Educational robotics as a didactic strategy based on the STEAM
methodology for strengthening interdisciplinary learning: Case of the
Robotic Minds at the School educational program**

Autor:

Dr. Rodríguez Hernández, Erik Datne

<https://orcid.org/0000-0002-5935-3500>

erikrodriguez19@gmail.com

Robotic Minds Edtech Company

Quito – Ecuador

Coautor:

Ing. Astudillo Salvador, Edison David Dr.hc.

<https://orcid.org/0009-0004-0276-0537>

davidastudillo123@gmail.com

Robotic Minds Edtech Company

Quito- Ecuador



Resumen

La educación contemporánea demanda estrategias capaces de articular conocimientos científicos, tecnológicos, ingenieriles, artísticos y matemáticos en experiencias de aprendizaje aplicadas. En este contexto, la robótica educativa constituye una mediación didáctica pertinente para implementar la metodología STEAM mediante proyectos de programación, diseño, construcción de prototipos y resolución de problemas. El objetivo de esta investigación fue analizar el comportamiento descriptivo de la robótica educativa como estrategia didáctica basada en metodología STEAM para el fortalecimiento del aprendizaje interdisciplinario en instituciones educativas ecuatorianas, con una comparación contextual frente a desafíos educativos de América Latina. El estudio se desarrolló bajo enfoque cuantitativo, diseño no experimental, transversal y descriptivo-comparativo. La muestra estuvo conformada por 6.000 estudiantes de 30 instituciones educativas seleccionadas mediante muestreo no probabilístico intencional, considerando participación activa, disponibilidad de registros institucionales y autorización para uso académico de información agregada. Se emplearon rúbricas cuantitativas de proyectos STEAM, matrices de evaluación de competencias interdisciplinarias, encuestas estructuradas tipo Likert y una matriz comparativa documental. Los instrumentos fueron revisados por criterio de expertos, pilotaje técnico y verificación de consistencia de aplicación. Los resultados evidenciaron variaciones positivas del 28 % en pensamiento computacional y lógico, 20 % en articulación de saberes interdisciplinarios y 18 % en integración de diseño creativo. Se concluye que la robótica educativa bajo metodología STEAM fortalece competencias interdisciplinarias y habilidades digitales, aunque requiere mayor equilibrio entre programación, prototipado y componente artístico.

Palabras clave: aprendizaje interdisciplinario, pensamiento computacional, robótica educativa, STEAM, tecnología educativa.



Abstract

Contemporary education requires strategies capable of connecting scientific, technological, engineering, artistic, and mathematical knowledge through applied learning experiences. In this context, educational robotics represents a relevant didactic mediation for implementing the STEAM methodology through programming, design, prototype construction, and problem-solving projects. The objective of this research was to analyze the descriptive behavior of educational robotics as a didactic strategy based on the STEAM methodology for strengthening interdisciplinary learning in Ecuadorian educational institutions, with a contextual comparison against educational challenges in Latin America. The study followed a quantitative approach with a non-experimental, cross-sectional, descriptive-comparative design. The sample consisted of 6,000 students from 30 educational institutions selected through intentional non-probabilistic sampling, considering active participation, availability of institutional records, and authorization for the academic use of aggregated information. Quantitative STEAM project rubrics, interdisciplinary competency assessment matrices, structured Likert-scale surveys, and a documentary comparison matrix were used. The instruments were reviewed through expert judgment, technical piloting, and consistency verification during application. Results showed positive variations of 28% in computational and logical thinking, 20% in interdisciplinary knowledge articulation, and 18% in creative design integration. It is concluded that educational robotics implemented through the STEAM methodology strengthens interdisciplinary competencies and digital skills, although a greater balance among programming, prototyping, and the artistic component is required.

Keywords: computational thinking, educational robotics, educational technology, interdisciplinary learning, STEAM.



Introducción

La transformación digital y los cambios productivos asociados a la automatización, la programación y la inteligencia artificial han modificado las competencias que los sistemas educativos deben promover. La formación escolar ya no puede limitarse a la adquisición fragmentada de contenidos, sino que requiere experiencias que permitan analizar problemas, integrar saberes, tomar decisiones y transferir aprendizajes a situaciones reales. En este escenario, las metodologías activas adquieren relevancia porque desplazan el énfasis desde la transmisión de información hacia la construcción aplicada del conocimiento.

La UNESCO (2023) advierte que la tecnología educativa debe utilizarse con pertinencia pedagógica, equidad, sostenibilidad y evidencia sobre su contribución al aprendizaje. Esta perspectiva resulta especialmente importante en América Latina, donde la incorporación de recursos digitales no siempre se traduce en mejoras educativas si no está acompañada de diseño didáctico, formación docente, evaluación y condiciones institucionales adecuadas. Por tanto, la innovación tecnológica requiere articularse con propósitos curriculares claros y con estrategias que favorezcan la participación activa de los estudiantes.

La robótica educativa se ubica entre las estrategias con mayor potencial para responder a este desafío, debido a que integra componentes físicos y digitales mediante actividades de diseño, ensamblaje, programación, prueba y mejora de prototipos. A diferencia de otros recursos tecnológicos centrados solo en la interacción con pantallas, la robótica permite que el estudiante observe de forma tangible la relación entre una instrucción, una estructura mecánica, un sensor, un algoritmo y el comportamiento final del sistema. Esta característica favorece el aprendizaje activo, la experimentación y la comprensión práctica de conceptos abstractos.

La metodología STEAM, integrada por ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemática, proporciona un marco pedagógico coherente para organizar estas experiencias. Su valor no radica únicamente en combinar asignaturas, sino en promover una forma de aprendizaje interdisciplinario orientada a resolver problemas mediante soluciones funcionales, creativas y justificadas. La incorporación del componente artístico amplía el enfoque STEM tradicional al incluir comunicación visual, diseño, creatividad, experiencia de usuario y sensibilidad estética como dimensiones relevantes de la innovación.

La evidencia reciente respalda la pertinencia de la robótica educativa en procesos de enseñanza vinculados con pensamiento computacional, rendimiento STEM y motivación. Ouyang y Xu (2024) realizaron un metaanálisis multinivel sobre robótica educativa en educación STEM y destacaron la necesidad de considerar variables moderadoras como nivel educativo, estrategia instruccional, duración de la intervención y acompañamiento docente. De manera complementaria, Hong (2024) reportó efectos positivos de los robots educativos sobre el pensamiento computacional en estudiantes K-12, mientras que Trapero-González et al. (2024) identificaron aportes de la robótica al desarrollo de competencia STEM en educación primaria.

En América Latina, los desafíos educativos mantienen una relación directa con brechas de desempeño, acceso, competencias digitales y uso pedagógico de la tecnología. El



Banco Interamericano de Desarrollo reportó que la región continúa ubicada por debajo de los promedios de la OCDE en matemáticas, lectura y ciencias según PISA 2022 (Arias Ortiz et al., 2023). La CEPAL, por su parte, señala que el desarrollo de competencias digitales exige políticas y prácticas pedagógicas que superen la lógica del acceso instrumental y avancen hacia usos significativos de la tecnología (Herrera et al., 2025). En Ecuador, los resultados de PISA para el Desarrollo evidencian también la necesidad de fortalecer razonamiento matemático, comprensión científica y aplicación práctica del conocimiento (Instituto Nacional de Evaluación Educativa [INEVAL], 2018).

Desde esta problemática, el programa educativo *Robotic Minds at the School* representa una experiencia pertinente para analizar la robótica educativa como estrategia didáctica basada en metodología STEAM. La presente investigación busca aportar evidencia descriptiva sobre su implementación en instituciones educativas ecuatorianas y contextualizar sus resultados frente a desafíos regionales. En consecuencia, el objetivo del estudio fue analizar el comportamiento descriptivo de la robótica educativa como estrategia didáctica basada en metodología STEAM para el fortalecimiento del aprendizaje interdisciplinario en instituciones educativas del Ecuador.

La pregunta de investigación que orientó el estudio fue: ¿cuál es el comportamiento descriptivo de la robótica educativa como estrategia didáctica basada en metodología STEAM para el fortalecimiento del aprendizaje interdisciplinario en instituciones educativas del Ecuador y cómo se relaciona con los desafíos educativos presentes en América Latina?

La metodología STEAM constituye un enfoque pedagógico orientado a la integración de conocimientos científicos, tecnológicos, ingenieriles, artísticos y matemáticos en experiencias de aprendizaje contextualizadas. A diferencia de los modelos curriculares fragmentados, STEAM propone que los estudiantes comprendan la relación entre distintas áreas del conocimiento y las apliquen de forma simultánea para diseñar soluciones ante situaciones reales. Esta integración favorece habilidades de análisis, síntesis, evaluación y creación, vinculadas con procesos cognitivos de orden superior.

El componente artístico dentro de STEAM cumple una función pedagógica que va más allá de la decoración de productos. La dimensión artística favorece la creatividad, la comunicación, la representación visual de ideas, el diseño centrado en el usuario y la innovación. Conradty y Bogner (2018) sostienen que el tránsito de STEM a STEAM permite monitorear y fortalecer la creatividad dentro de procesos de aprendizaje científico-tecnológico; posteriormente, Conradty et al. (2020) demostraron que los módulos STEAM pueden intervenir positivamente en la motivación y la autoeficacia cuando se diseñan con intencionalidad pedagógica.

La interdisciplinariedad es uno de los principios centrales del enfoque STEAM. Aprender de manera interdisciplinaria implica transferir conceptos de un campo hacia otro, reconocer conexiones entre fenómenos y construir soluciones que no podrían explicarse desde una sola asignatura. En el caso de la robótica educativa, los estudiantes deben utilizar nociones de matemática para medir, estimar y calcular; principios de física para comprender movimiento, fuerza, energía y sensores; conocimientos tecnológicos para programar; criterios



de ingeniería para diseñar estructuras; y elementos artísticos para comunicar y mejorar la experiencia del producto.

La robótica educativa puede definirse como una estrategia didáctica que utiliza dispositivos programables, sensores, actuadores, estructuras mecánicas y entornos de programación con fines de enseñanza y aprendizaje. Su aporte reside en que transforma el error en una oportunidad de análisis: cuando un robot no ejecuta una acción esperada, el estudiante debe revisar instrucciones, conexiones, diseño estructural, secuencia lógica y condiciones del entorno. Este ciclo de prueba y mejora promueve pensamiento crítico, perseverancia, colaboración y resolución de problemas.

El pensamiento computacional es una competencia clave dentro de este proceso. Comprende habilidades como descomposición de problemas, reconocimiento de patrones, abstracción, diseño algorítmico, depuración y evaluación de soluciones. La robótica educativa constituye un entorno particularmente favorable para su desarrollo porque exige traducir una meta concreta en una secuencia de instrucciones verificables. Zhang et al. (2021) identificaron efectos positivos de los robots educativos en el pensamiento computacional de estudiantes K-12, mientras que Hong (2024) profundizó este hallazgo mediante un metaanálisis centrado en esta competencia.

Sin embargo, la literatura reciente también muestra que el impacto de la robótica no es automático. Ouyang y Xu (2024) señalan que los resultados dependen de variables como apoyo del docente, estrategia didáctica, duración de la intervención, tipo de robot, nivel educativo y condiciones de implementación. En la misma línea, Tang et al. (2025) destacan que los programas basados en robots pueden mejorar logros académicos, conocimiento computacional, motivación y desempeño, pero advierten que factores culturales, infraestructura, formación docente y sistemas de evaluación moderan los efectos observados.

En América Latina, la discusión sobre robótica educativa y STEAM se conecta con brechas de competencias digitales, desigualdad tecnológica y desempeño insuficiente en áreas lógico-científicas. El problema no se reduce al acceso a dispositivos; incluye la capacidad de utilizarlos con sentido pedagógico, promover alfabetización digital avanzada y desarrollar competencias aplicables a contextos reales. Por ello, la robótica educativa puede constituir una alternativa pertinente siempre que se integre al currículo, se evalúe de manera sistemática y se acompañe de procesos de formación docente.

Desde esta perspectiva, la robótica educativa basada en metodología STEAM puede contribuir a superar la separación tradicional entre teoría y práctica. Al diseñar y programar prototipos, el estudiante conecta conceptos abstractos con resultados observables, negocia soluciones con sus compañeros, toma decisiones fundamentadas y comunica sus hallazgos. Este tipo de aprendizaje resulta coherente con los desafíos educativos contemporáneos, especialmente en contextos que requieren fortalecer pensamiento computacional, creatividad, innovación y aprendizaje interdisciplinario.

Métodos

La investigación se desarrolló bajo enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, transversal y descriptivo-comparativo; cuantitativa porque se orientó al análisis de registros



numéricos obtenidos mediante instrumentos estructurados; no experimental porque las variables no fueron manipuladas deliberadamente; transversal porque la información se recopiló durante el período académico 2025-2026; y descriptivo-comparativa porque buscó caracterizar el comportamiento observado en instituciones ecuatorianas y contextualizarlo frente a indicadores educativos regionales. Conforme a Creswell y Creswell (2023), este tipo de diseño permite describir tendencias y patrones cuando el propósito no es establecer causalidad sino analizar el comportamiento de variables en su contexto natural.

La población estuvo conformada por estudiantes de educación básica superior y bachillerato pertenecientes a instituciones educativas ecuatorianas que implementaron programas de robótica educativa articulados con metodología STEAM. La muestra incluyó 6.000 estudiantes distribuidos en 30 instituciones públicas, fiscomisionales y particulares. La selección fue no probabilística intencional y se justificó por cuatro criterios: participación activa en proyectos de robótica durante el período de estudio, disponibilidad de registros institucionales de evaluación, implementación de actividades basadas en programación y prototipado STEAM, y autorización institucional para el uso académico de información agregada. Este criterio permitió trabajar con una muestra amplia para análisis descriptivo, aunque sin pretensión de generalización estadística a toda la población estudiantil ecuatoriana.

Las variables se operacionalizaron a partir de dimensiones observables vinculadas con la implementación de robótica educativa, el aprendizaje interdisciplinario y el contexto comparativo regional. La Tabla 1 resume la relación entre variables, indicadores, instrumentos y métricas empleadas.

Tabla 1.
Operacionalización de variables y dimensiones de análisis

Variable o dimensión	Indicador operativo	Instrumento principal	Métrica de análisis
Robótica educativa basada en STEAM	Participación en proyectos de programación, prototipado, diseño y resolución de problemas	Rúbrica cuantitativa de proyectos STEAM y registros institucionales	Frecuencias institucionales y porcentajes
Pensamiento computacional y lógico	Secuenciación, condicionales, ciclos, depuración y solución algorítmica	Rúbrica de programación y matriz de desempeño	Promedios agregados y variación porcentual
Articulación interdisciplinaria	Integración de ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemática en un producto funcional	Matriz de competencias interdisciplinarias	Porcentaje de variación descriptiva
Diseño y creatividad	Funcionalidad, estética, comunicación visual y mejora del prototipo	Rúbrica de diseño y evaluación de prototipos	Porcentaje de variación descriptiva
Contexto educativo regional	Brecha digital, desempeño matemático-científico y competencias digitales	Matriz comparativa documental	Comparación descriptiva Ecuador-América Latina

Para la recolección de datos se emplearon tres instrumentos cuantitativos y una matriz documental. La rúbrica de proyectos STEAM valoró programación, ingeniería de prototipos, resolución de problemas, integración interdisciplinaria y diseño creativo. La matriz de competencias interdisciplinarias registró la articulación entre saberes científicos, tecnológicos,



ingenieriles, artísticos y matemáticos evidenciados en los proyectos. La encuesta estructurada tipo Likert de cinco niveles recogió percepciones estudiantiles sobre pensamiento computacional, resolución de problemas, colaboración, motivación y aplicabilidad de la robótica en distintas asignaturas. Finalmente, la matriz documental permitió comparar los resultados ecuatorianos con indicadores reportados por UNESCO, CEPAL, BID e INEVAL.

Con el fin de fortalecer la validez de contenido, los instrumentos fueron revisados mediante criterio de especialistas en metodología de investigación, robótica educativa, evaluación de competencias y enfoque STEAM. La revisión consideró pertinencia, claridad, coherencia, suficiencia y alineación entre indicadores, dimensiones e instrumentos. Posteriormente, se realizó un pilotaje técnico de aplicación para verificar comprensión de ítems, uniformidad de criterios de evaluación y consistencia de registro. En el caso de las rúbricas y matrices, se aplicó revisión cruzada de evidencias para reducir discrepancias entre evaluadores; en la encuesta Likert, se verificó la consistencia interna antes de consolidar los resultados. Solo se incorporaron registros completos, coherentes y agregados.

El procedimiento se desarrolló en cinco fases articuladas. Primero, se revisó literatura científica sobre robótica educativa, STEAM, pensamiento computacional y competencias interdisciplinarias, junto con informes regionales sobre educación y competencias digitales. Segundo, se identificaron instituciones participantes que cumplieran los criterios de inclusión. Tercero, se recopilaron registros institucionales, rúbricas, matrices y encuestas aplicadas durante el período académico. Cuarto, se organizó la información en bases agregadas por institución, dimensión STEAM y competencia evaluada. Quinto, se procesaron los datos mediante estadística descriptiva y análisis documental comparativo.

El análisis de datos se realizó mediante frecuencias absolutas, frecuencias relativas, porcentajes, promedios y variaciones porcentuales. Las variaciones se calcularon a partir de registros agregados iniciales y finales disponibles en las instituciones, utilizando la fórmula: $\text{variación porcentual} = [(\text{valor final} - \text{valor inicial}) / \text{valor inicial}] \times 100$. Este procedimiento permitió describir tendencias generales de desempeño sin establecer inferencias causales. Debido al diseño no experimental y a la ausencia de asignación aleatoria, no se aplicaron pruebas inferenciales ni se formularon conclusiones causales. Los resultados se interpretaron como tendencias descriptivas observadas dentro de la muestra analizada.

La investigación respetó principios éticos aplicables a estudios educativos. La información fue procesada de forma agregada, sin identificación individual de estudiantes ni instituciones. Se contó con autorización institucional para el uso académico de los registros y se mantuvieron criterios de confidencialidad, integridad científica, transparencia metodológica y uso responsable de datos. La comparación regional se utilizó con fines de contextualización, no como equivalencia estadística directa.

Resultados

Los resultados se presentan en tres niveles: desempeño institucional en dimensiones STEAM, variaciones descriptivas en competencias interdisciplinarias y comparación contextual entre Ecuador y América Latina. La lectura de los hallazgos debe considerar la naturaleza descriptiva del estudio y la utilización de datos agregados institucionales.



Tabla 2.

Categorías de desempeño del enfoque STEAM en proyectos de robótica educativa

Dimensión STEAM priorizada	Frecuencia institucional	Porcentaje	Indicador cuantitativo de desempeño
Lógica de programación	22 de 30	73,3 %	Mayor desempeño en secuencias, condicionales y ciclos de programación
Ingeniería de prototipos	19 de 30	63,3 %	Mejora en estabilidad, funcionalidad y estructura de los prototipos
Diseño creativo y arte	16 de 30	53,3 %	Integración de estética, usabilidad y presentación visual del producto

Fuente: elaboración propia a partir de registros institucionales del programa Robotic Minds at the School (2025-2026).

La lógica de programación presentó la mayor frecuencia institucional, con 73,3 %. Este resultado evidencia que los proyectos de robótica favorecieron principalmente competencias asociadas a secuenciación, control de flujo, construcción de algoritmos y solución estructurada de problemas. La ingeniería de prototipos alcanzó 63,3 %, lo que muestra una presencia importante de actividades de diseño mecánico, ensamblaje, estabilidad estructural y mejora funcional. El diseño creativo y arte registró 53,3 %, indicador positivo pero menor que las dimensiones técnicas, lo cual sugiere la necesidad de fortalecer intencionalmente el componente artístico dentro de las experiencias STEAM.

Tabla 3.

Variaciones descriptivas observadas en competencias interdisciplinarias

Competencia evaluada	Variación positiva	Fuente cuantitativa principal
Pensamiento computacional y lógico	28 %	Rúbricas de programación y matrices de desempeño STEAM
Articulación de saberes interdisciplinarios	20 %	Matrices de competencias interdisciplinarias y encuestas Likert
Integración de diseño y creatividad	18 %	Evaluación cuantitativa de prototipos robóticos

Fuente: elaboración propia a partir de registros agregados de evaluación (2025-2026).

El pensamiento computacional y lógico fue la competencia con mayor variación positiva, alcanzando 28 %. Esta tendencia se relaciona con la exposición sostenida de los estudiantes a actividades de programación, depuración y resolución de desafíos robóticos. La articulación de saberes interdisciplinarios presentó una variación del 20 %, lo que indica avances en la conexión entre conocimientos de distintas áreas curriculares. La integración de diseño y creatividad obtuvo 18 %, resultado que confirma una mejora en la dimensión artística y comunicativa, aunque con menor intensidad que las dimensiones de programación e ingeniería.

Tabla 4. Comparación documental entre desafíos regionales y resultados observados

Indicador comparativo	América Latina	Ecuador	Interpretación para el estudio
Brecha digital educativa	Persisten diferencias de acceso, uso y competencias digitales	Existen desafíos de infraestructura, conectividad y uso pedagógico	La robótica aporta cuando se integra con acompañamiento docente y currículo
Desempeño matemático	PISA 2022 muestra rezagos frente al promedio OCDE	PISA-D evidencia necesidad de fortalecer razonamiento matemático	La programación y el prototipado favorecen razonamiento lógico aplicado



Desempeño científico	Persisten dificultades en aplicación práctica de conocimientos científicos	Se requieren estrategias para conectar ciencia con situaciones reales	Los proyectos robóticos facilitan experimentación y transferencia
Competencias digitales	CEPAL plantea la necesidad de usos significativos de tecnología	Se observa variación positiva de 28 % en pensamiento computacional	La robótica puede fortalecer habilidades digitales avanzadas
Interdisciplinariedad	Se promueven currículos orientados a problemas reales	Se observa variación positiva de 20 % en articulación de saberes	STEAM contribuye a superar la fragmentación curricular

Fuente: elaboración propia a partir de Arias Ortiz et al. (2023), Herrera et al. (2025), UNESCO (2023) e INEVAL (2018).

La comparación documental muestra que los resultados obtenidos en Ecuador se relacionan con problemáticas regionales vinculadas a desempeño lógico-científico, brechas digitales y uso limitado de tecnología con intencionalidad pedagógica. Los avances observados no resuelven por sí mismos estos desafíos, pero evidencian que la robótica educativa basada en STEAM puede constituir una estrategia pertinente para fortalecer competencias que los organismos regionales identifican como prioritarias.

Discusión

Los hallazgos permiten sostener que la robótica educativa basada en metodología STEAM favorece el fortalecimiento de competencias interdisciplinarias cuando se implementa mediante proyectos estructurados, evaluación sistemática y articulación curricular. El resultado más alto se registró en pensamiento computacional y lógico, con una variación positiva del 28 %. Este comportamiento es coherente con la naturaleza de las actividades robóticas, en las que el estudiante debe descomponer problemas, construir algoritmos, verificar instrucciones, corregir errores y optimizar secuencias.

La literatura científica reciente respalda parcialmente este hallazgo. Zhang et al. (2021) reportaron efectos favorables de los robots educativos en pensamiento computacional de estudiantes K-12. Hong (2024), en un metaanálisis sobre robots educativos y pensamiento computacional, identificó un efecto positivo y significativo en este tipo de competencia. Ouyang y Xu (2024), aunque reconocen efectos positivos de la robótica en desempeño y actitudes STEM, advierten que los resultados sobre pensamiento computacional pueden variar según estrategia didáctica, duración, nivel educativo y apoyo docente. En consecuencia, el 28 % observado en este estudio debe interpretarse como tendencia descriptiva favorable, no como efecto causal aislado.

La articulación de saberes interdisciplinarios presentó una variación positiva del 20 %. Este resultado confirma que los proyectos de robótica pueden funcionar como espacios de integración curricular, siempre que no se reduzcan a ejercicios técnicos de programación. En los proyectos analizados, los estudiantes debieron aplicar conceptos matemáticos, físicos, tecnológicos, ingenieriles y creativos para resolver desafíos concretos. Este hallazgo coincide con los principios de la metodología STEAM, que busca superar la fragmentación del conocimiento mediante experiencias centradas en problemas reales.



La integración de diseño y creatividad alcanzó 18 %, un resultado positivo pero menor frente a programación e ingeniería. Esta diferencia revela una tensión frecuente en la implementación de STEAM: las instituciones tienden a priorizar los componentes STEM tradicionales y dejan el arte como dimensión complementaria. Desde la perspectiva teórica, esta situación limita el potencial integral del enfoque, ya que el arte aporta creatividad, comunicación, estética, diseño centrado en el usuario y valoración social de las soluciones. Por ello, futuras implementaciones deberían incorporar actividades de bocetaje, diseño de interfaces, narrativa del prototipo, comunicación visual y evaluación de experiencia de usuario.

La comparación con estudios recientes permite ampliar la discusión. Trapero-González et al. (2024) evidenciaron, mediante revisión sistemática y metaanálisis, que la robótica educativa puede mediar el desarrollo de competencias STEM en educación primaria. Tang et al. (2025) sostienen que la educación basada en robots puede mejorar logros académicos, conocimiento computacional, motivación y desempeño; sin embargo, también advierten que la infraestructura, la cultura institucional, la formación docente y los sistemas de evaluación moderan estos resultados. Esta advertencia es especialmente relevante para América Latina, donde las brechas de acceso y uso significativo de tecnología siguen siendo una restricción estructural.

Desde una perspectiva regional, los resultados del estudio se relacionan con los desafíos señalados por Arias Ortiz et al. (2023) sobre el desempeño de América Latina y el Caribe en PISA 2022, así como con los planteamientos de la CEPAL sobre competencias digitales (Herrera et al., 2025). La robótica educativa no debe entenderse como solución aislada frente a estos problemas, sino como una estrategia curricular que puede contribuir al desarrollo de pensamiento lógico, alfabetización digital, resolución de problemas y aprendizaje interdisciplinario cuando se implementa con planificación, recursos y seguimiento.

El aporte científico del estudio radica en ofrecer evidencia descriptiva desde un contexto ecuatoriano con una muestra institucional amplia. Aunque la literatura internacional sobre robótica educativa ha crecido, todavía son necesarios estudios latinoamericanos que documenten experiencias sistemáticas integradas al currículo escolar. En ese sentido, el caso de *Robotic Minds at the School* permite observar tendencias relevantes sobre cómo la robótica puede articular competencias STEAM en instituciones educativas con características diversas.

No obstante, las limitaciones deben ser explicitadas. El diseño no experimental impide establecer relaciones causales entre la implementación de robótica y las variaciones observadas. La muestra fue intencional, por lo que los resultados no pueden generalizarse estadísticamente a todas las instituciones ecuatorianas. Además, el análisis se basó en registros agregados institucionales, lo cual restringe la aplicación de pruebas inferenciales y el seguimiento individual de trayectorias estudiantiles. Estas limitaciones no invalidan los hallazgos, pero delimitan su alcance: los resultados deben comprenderse como tendencias descriptivas útiles para orientar decisiones pedagógicas y futuras investigaciones más controladas.



Conclusiones

La robótica educativa implementada bajo metodología STEAM constituye una estrategia didáctica pertinente para fortalecer el aprendizaje interdisciplinario en instituciones educativas ecuatorianas, debido a que articula programación, prototipado, resolución de problemas, diseño y aplicación práctica de conocimientos.

El pensamiento computacional y lógico fue la competencia con mayor variación positiva, alcanzando 28 %. Este resultado muestra que los proyectos robóticos favorecen secuenciación, pensamiento algorítmico, depuración, toma de decisiones y solución estructurada de problemas.

La articulación de saberes interdisciplinarios registró una variación positiva del 20 %, lo que evidencia que los estudiantes lograron conectar conocimientos científicos, tecnológicos, ingenieriles, artísticos y matemáticos en experiencias de aprendizaje aplicadas.

La integración de diseño y creatividad presentó una variación positiva del 18 %. Aunque el resultado es favorable, su menor proporción frente a programación e ingeniería indica la necesidad de fortalecer el componente artístico para lograr una implementación STEAM más equilibrada.

La comparación contextual con América Latina muestra que la robótica educativa puede contribuir a desafíos regionales relacionados con competencias digitales, pensamiento lógico-científico y aprendizaje aplicado; sin embargo, su impacto depende de integración curricular, formación docente, evaluación sistemática y disponibilidad de recursos.

Recomendaciones

Las instituciones educativas deberían incorporar la robótica educativa como estrategia curricular sostenida, no solo como actividad extracurricular, garantizando planificación, recursos, seguimiento y evaluación de competencias.

Los docentes deben diseñar proyectos STEAM centrados en problemas reales, promoviendo equilibrio entre programación, ingeniería, matemática, ciencia y arte. Es necesario fortalecer especialmente el diseño creativo, la comunicación visual y la experiencia de usuario dentro de los prototipos.

Los equipos de investigación deberían desarrollar estudios cuasiexperimentales o longitudinales con mediciones pretest y postest, grupos de comparación, análisis inferenciales y seguimiento individualizado para evaluar con mayor precisión el impacto de la robótica educativa.

Los responsables de políticas educativas deberían promover formación docente en pensamiento computacional, metodologías activas y evaluación STEAM, además de reducir brechas de infraestructura tecnológica para garantizar igualdad de oportunidades en el acceso a experiencias de robótica educativa.



Declaración sobre uso de inteligencia artificial

En la preparación editorial del presente manuscrito se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa únicamente como apoyo complementario en revisión gramatical, mejora de estilo académico, organización textual y verificación de coherencia formal. Su uso no sustituyó el criterio académico, metodológico ni ético del autor.

Las herramientas de inteligencia artificial no fueron empleadas para crear datos, fabricar resultados, generar evidencias empíricas inexistentes ni sustituir procesos de análisis científico. Todas las decisiones relacionadas con planteamiento del problema, objetivos, diseño metodológico, interpretación de resultados, conclusiones y referencias fueron revisadas y validadas bajo responsabilidad humana.

Referencias

- Arias Ortiz, E., Bos, M. S., Giambruno, C., & Zoido, P. (2023). Latin America and the Caribbean in PISA 2022: How did the region perform? Inter-American Development Bank.
<https://doi.org/10.18235/0005318>
- Conradty, C., & Bogner, F. X. (2018). From STEM to STEAM: How to monitor creativity. *Creativity Research Journal*, 30(3), 233-240. <https://doi.org/10.1080/10400419.2018.1488195>
- Conradty, C., Sotiriou, S. A., & Bogner, F. X. (2020). How creativity in STEAM modules intervenes with self-efficacy and motivation. *Education Sciences*, 10(3), 70.
<https://doi.org/10.3390/educsci10030070>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Herrera, P., Huepe, M., & Trucco, D. (2025). Educación y desarrollo de competencias digitales en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/81377-educacion-desarrollo-competencias-digitales-america-latina-caribe>
- Hong, L. (2024). The impact of educational robots on students' computational thinking: A meta-analysis of K-12. *Education and Information Technologies*, 29(11), 13813-13838.
<https://doi.org/10.1007/s10639-023-12415-y>
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2018). Educación en Ecuador: Resultados de PISA para el Desarrollo. INEVAL. <https://evaluaciones.evaluacion.gob.ec/BI/educacion-en-ecuador-resultados-de-pisa-para-el-desarrollo/>
- Ouyang, F., & Xu, W. (2024). The effects of educational robotics in STEM education: A multilevel meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 11, Article 7.
<https://doi.org/10.1186/s40594-024-00469-4>
- Tang, H., Xu, W., Feng, Y., & Cao, W. (2025). Global effects of robot-based education on academic achievements, computation, motivation, and performance. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, Article 1296. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05546-9>
- Trapero-González, I., Hinojo-Lucena, F. J., Romero-Rodríguez, J.-M., & Martínez-Menéndez, A. (2024). Didactic impact of educational robotics on the development of STEM competence in primary education: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Education*, 9, Article 1480908. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1480908>
- UNESCO. (2023). Global education monitoring report 2023: Technology in education: A tool on whose terms? UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>
- Zhang, Y., Luo, R., Zhu, Y., & Yin, Y. (2021). Educational robots improve K-12 students' computational thinking and STEM attitudes: Systematic review. *Journal of Educational Computing Research*, 59(7), 1450-1481. <https://doi.org/10.1177/0735633121994070>