Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,
Volumen 10, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3

MODELO DE TRIPLE HÉLICE PARA EL FOMENTO DE COMPETENCIAS STEAM: UN ESTUDIO DE CASO EN ROBÓTICA EDUCATIVA

TRIPLE HELIX MODEL FOR FOSTERING STEAM COMPETENCIES: A CASE STUDY IN EDUCATIONAL ROBOTICS

Juan Andrés Sanmartín Díaz
Instituto Superior Tecnológico Daniel Álvarez Burneo.

Janela Madeleine Pacheco Valdivieso
Instituto Superior Tecnológico Daniel Álvarez Burneo.

Kathy Maritza Carrillo Martínez
Universidad Nacional de Loja

DOI:

Modelo de triple hélice para el fomento de competencias STEAM: Un estudio de caso en robótica educativa

Juan Andrés Sanmartín Díaz[1]
j.andrs300@gmail.com
https://orcid.org/0009-0004-1128-1933
Instituto Superior Tecnológico Daniel Álvarez Burneo.
Ecuador

Janela Madeleine Pacheco Valdivieso
janelapa18@gmail.com
https://orcid.org/0009-0001-0102-3269
Instituto Superior Tecnológico Daniel Álvarez Burneo.
Ecuador

Kathy Maritza Carrillo Martínez
kathy.carrillo@unl.edu.ec
https://orcid.org/0009-0004-9525-7091
Universidad Nacional de Loja
Ecuador

RESUMEN

El fomento de competencias STEAM es crucial para afrontar los desafíos del siglo XXI, sin embargo, persiste el reto de implementar modelos pedagógicos que estimulen eficazmente tanto el aprendizaje técnico como las vocaciones científicas. Este trabajo presenta un estudio de caso con diseño de métodos mixtos sobre un proyecto de robótica educativa en la ciudad de Loja, Ecuador, estructurado bajo el modelo de la Triple Hélice (Universidad-Empresa-Sociedad). La intervención articuló la colaboración entre el sector productivo (Insani), la academia (ISTDAB) y el sistema educativo básico (Escuela Zoila Alvarado). Se evaluó a un grupo de 20 estudiantes mediante pre y post-test, completando con un análisis cualitativo de percepciones. Los resultados cuantitativos evidencian una adquisición significativa de conocimientos técnicos, donde el 95% de los participantes alcanzó una comprensión funcional de la electrónica básica. Cualitativamente, se identificó que la tangibilidad de los resultados generó una alta motivación intrínseca, reorientando las aspiraciones vocacionales del 90% de la muestra hacia la tecnología. Se concluye que los modelos de vinculación multisectorial son una estrategia efectiva y replicable para potenciar la educación STEAM en contextos reales.

***Palabras clave*:** STEAM; robótica educativa; Triple Hélice; Vinculación con la sociedad; métodos mixtos

[1] Autor principal.
Correspondencia: j.andrs300@gmail.com

Triple helix model for fostering STEAM competencies: A case study in educational robotics

ABSTRACT

Fostering STEAM skills is crucial to face the 21st-century challenges; however, the challenge of implementig pedagogical models that effectively stimulate both technical learning and scientific vocations still persists. This paper presents a mixed-methods case study on an educative robotics project in Loja's city in Ecuador, structured under the Triple Helix model (University-Enterprise-Society). The intervention articulated a collaboration between the productive sector (Insani), the institute (ITSDAB), and the basic school (Escuela Zoila Alvarado). A group of twenty students was evaluated throught pre and post tests, complementen by a qualitative analysis of perceptions. Quantitative results evidence a significant acquisition of technical awareness, where 95% of participants reached a functional understanding of basic electronics. Qualitatively, it was identified that the tangibility of results generated high intrinsic motivation, reorienting the vocational aspirations of 90% of the sample to the technological field. Is concluded that multisectoral linkage models are an effective and replicable strategy to potenciate STEAM education in real contexts.

***Keywords*:** STEAM; educational robotics; Triple Helix; community egagement; mixed methods.

Artículo recibido 20 mayo 2026
Aceptado para publicación: 20 junio 2026

INTRODUCCIÓN

En la última década la educación STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemática) se ha posicionado, especialmente en el contexto latinoamericano, como un paradigma fundamental para el desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas en el siglo XXI [1]. Más que una simple yuxtaposición de asignaturas, este enfoque propone una pedagogía integradora capaz de conectar el currículo académico con demandas del mundo real, fomentando experiencias de aprendizaje significativas[2].

A pesar de su enorme potencial, llevar este modelo a la realidad de las aulas supone un reto logístico profundo, sobre todo en sectores públicos donde el acceso a equipamiento tecnológico suele ser restringido o poco adecuado[3]. La comunidad científica ha documentado muchos estudios sobre las ventajas del modelo STEAM, la presente investigación a menudo prioriza las métricas cuantitativas de rendimiento académico. Esta tendencia suele dejar en un segundo plano el análisis de factores emocionales como la motivación intrínseca del estudiante, así como los obstáculos organizacionales que enfrentan las escuelas para mantener estos proyectos a largo plazo [4]. En particular, son escasos los estudios que analicen cómo la articulación entre diferentes actores sociales puede catalizar estos procesos en la educación básica.

Para abordar esta brecha, el presente artículo examina un caso de estudio sobre un proyecto de robótica educativa ejecutado en la ciudad de Loja, Ecuador. Con el fin de abordar esta brecha. La propuesta proviene de una colaboración estratégica que sigue el modelo de la Triple Hélice (Gobierno, Sociedad, Universidad y empresa), que incluye tres actores principales: la empresa tecnológica Insani, el Instituto Superior Tecnológico Daniel Álvarez Burneo (ISTDAB) y la escuela de Educación Básica Zoila Alvarado de Jaramillo.

La hipótesis central de esta investigación sostiene que la innovación en educación no sucede en el vacío, sino que es el resultado de una interacción sinérgica. El propósito del presente estudio es analizar como este modelo de vinculación multisectorial influye en la actitud hacia la tecnología y en el aprendizaje de conceptos en los alumnos del nivel primario. Con el propósito de dar respuesta a: ¿Hasta qué punto un ecosistema de cooperación conocido como Triple Hélice impacta en la apropiación tecnológica y las metas vocacionales de los alumnos?.

A. La robótica educativa como eje del enfoque STEAM

El Enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemática) trasciende la enseñanza fragmentada, proponiendo un modelo integrador que contextualiza el aprendizaje en problemas del mundo real. En este escenario, la robótica educativa actúa como un "objeto para pensar" (Papert,1980), permitiendo la materialización de conceptos abstractos.

De hecho investigaciones recientes y meta-análisis reciente realizado por Sapounidis, Tselegkaridis y Stamovlasis [5] confirma que las intervenciones con robótica en educación primaria tienen un impacto significativo en el desarrollo de habilidades cognitivas complejas, superando en eficacia a los métodos de instrucción tradicionales. A diferencia de la enseñanza expositiva, la robótica convierte al estudiante en un agente activo de su propio aprendizaje, alineándose con las teorías del construccionismo donde la manipulación física es prerrequisito para la comprensión lógica [6]. Al programar y ensamblar un robot, el estudiante asume el control de su aprendizaje, pasando de ser un siempre escucha a un creador.

B. Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en contextos tecnológicos

La intervención se fundamenta metodológicamente en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Esta modalidad organiza el currículo en torno a desafíos complejos que culminan en la creación de un producto tangible. La literatura especializada actual de Rizki y Suprapto [7] confirma que el ABP orientado a disciplinas STEM es un catalizador fundamental para despertar la alfabetización científica y es un factor importante para la motivación de los estudiantes de educación primaria según Nursalim et al [8].

La mayor ventaja de programar con circuitos reales es el feedback instantáneo: el código compila y el dispositivo reacciona, o bien, se produce un error. Esta respuesta inmediata entrena la tolerancia a la frustración y la resiliencia, habilidades transversales indispensables para las futuras vocaciones en ingeniería.

C. El modelo de la Triple Hélice: Un ecosistema de innovación educativa

El aporte teórico central de este estudio es la adaptación operativa del modelo de la Triple Hélice (Universidad-Empresa-Gobierno) a un entorno de educación básica. Si bien este modelo se originó para explicar la dinámica macroeconómica de la innovación, Cai y Amaral [9], junto con aproximaciones más recientes sobre ecosistemas de innovación [10], sugieren en sus reflexiones recientes que la

investigación sobre la Triple Hélice debe expandirse para abordar los nuevos desafíos sociales y ecosistemas de aprendizaje. En este caso de estudio, el modelo de reinterpreta a escala micro-social:

- La Academia (ISTDAB): Sirve como centro para la transmisión de conocimientos avanzados y la metodología pedagógica.
- La Industria (Insani): Proporciona conocimiento actualizado y tecnología relevante alineando las competencias educativas con el mercado laboral.Aseguró la pertinencia tecnológica del taller proporcionando los equipos, el know-how actualizado y la alineación con las demandas laborales reales [11].
- La Sociedad/Estado (Escuela Zoila Alvarado): Representa la validación institucional y la demanda social. Como institución pública, la escuela funciona como el brazo ejecutor del estado, lo que permite la innovación curricular oficial

La interacción de estos tres ámbitos crea una sinergia que supera las capacidades aisladas de la escuela, estableciendo un espacio de consenso donde la innovación educativa es sostenible.

METODOLOGÍA

A. Diseño de la Investigación

Se implementó un diseño de investigación de métodos mixtos con una estrategia explicativa secuencial (QUAN-qual), fundamentando en los lineamientos de Creswell y Creswell [12]. En este enfoque, la recolección de datos cuantitativos proporciona una visión general del impacto de la intervención, mientras que los datos cualitativos posteriores ayudan a explicar y profundizar en los resultados estadísticos. El estudio se clasifica como un diseño no experimental y transversal, dado que no hubo manipulación deliberada de variables aleatorias y la recolección de datos ocurrió en un único momento.

B. Población y Muestra

La población objetivo correspondió a estudiantes de educación básica en la ciudad de Loja. Se utilizó una muestra no probabilística por conveniencia, conformada por 20 estudiantes (N=20) de séptimo grado de la Escuela Zoila Alvarado (12 niñas y 8 niños). De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza [13], en estudios de enfoque mixto con componentes cualitativos, el tamaño de la muestra no busca la representatividad estadística poblacional, si no la profundidad en la comprensión del fenómeno estudiado y la saturación de categorías en el contexto específico de la intervención.

Asimismo, Boddy [14] argumenta que, en estudios orientados a la profundidad analítica, muestras reducidas son suficientes para alcanzar la saturación teórica. El objetivo aquí no fue buscar la representatividad estadística masiva, sino comprender a detalle las particularidades del fenómeno en el contexto específico de la intervención de la Triple Hélice.

C. Instrumento y Procedimiento

Para la fase cuantitativa, se aplicaron pruebas de conocimiento ad-hoc (pre-test y post-test) diseñadas específicamente para los contenidos del taller de robótica. Para asegurar el rigor metodológico, los instrumentos fueron sometidos a validez de contenido mediante juicio de expertos siguiendo un protocolo de Hernandez-Sampieri y Mendoza[13].

D. Análisis de Datos

Los datos cuantitativos se analizaron mediante estadística descriptiva para calcular el porcentaje de variación en el aprendizaje. Para la fase cualitativa, se procesaron las respuestas abiertas mediante análisis temático, siguiendo las seis fases por Braun y Clarke[15]: familiarización con los datos, generación de códigos iniciales, búsqueda de temas, revisión de temas, definición de temas y producción del reporte. Este método permitió identificar patrones semánticos en las percepciones de los estudiantes sobre la utilidad de la tecnología.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

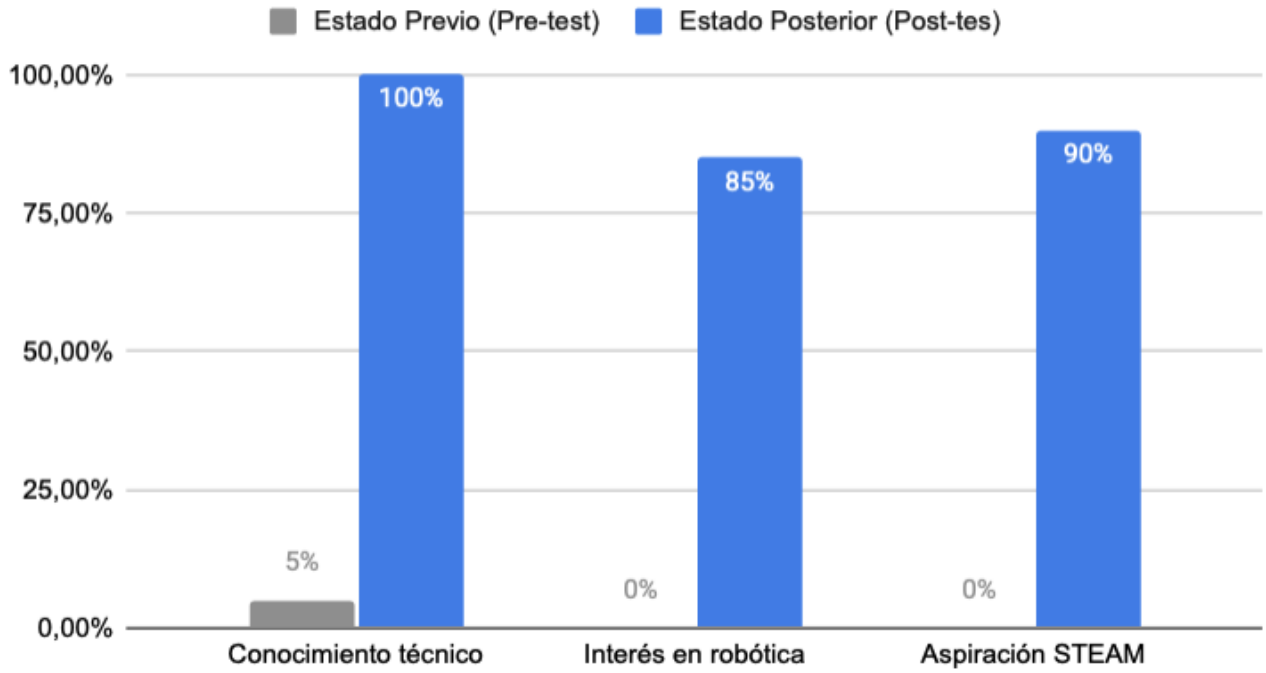
RESULTADOS

A. Impacto en el Conocimiento Técnico (Fase Cuantitativa)

El análisis comparativo entre el pre-test y el post-test revela un incremento sustancial en la apropiación de conceptos tecnológicos. Como se detalla en la Figura 1, al inicio de la intervención, el 95% de la muestra (n=19) desconocía la función de componentes críticos como microcontroladores o sensores. Tras la implementación del taller, se alcanzó una efectividad del 100% en la identificación de descripción funcional de estos elementos.

Figura 1

Comparación porcentual de indicadores evaluados en el pre-test y post-test.



Nota. Elaboración propia.

Este cambio no fue únicamente memorístico, sino operativo. Los estudiantes demostraron capacidad para vincular el componente físico (hardware) con su lógica de control (software), tal como se evidencia en el prototipo funcional ensamblado por los participantes (Fig.2).

Respecto a las preferencias académicas, se observó un desplazamiento significativo: la “robótica” se posicionó como la actividad predilecta para el 85% de los participantes, superando a asignaturas tradicionales y actividades recreativas.

Figura 2
Prototipo final creado por las estudiantes donde integran sensores y actuadores.



Nota. Estudiantes armando el circuito para el control de LEDs.

B. Hallazgos del Análisis Temático (Fase Cualitativa)

Para entender el porqué detrás de estos altos porcentajes, la comprensión de las respuestas abiertas nos permitió identificar tres ejes motivacionales en los estudiantes:

- Tangibilidad del aprendizaje: Los alumnos expresaron un fuerte entusiasmo al comprobar que sus líneas de código generaban acciones físicas inmediatas. La manipulación directa con las placas y los cables (Fig. 3) fue descrita de forma recurrente como "magia". Esto indica que recibir retroalimentación visual inmediata (como encender un LED o mover un servomotor) funciona como anclaje de aprendizaje muy superior a la teoría en pizarra.
- Tolerancia al error y pensamiento lógico: Un hallazgo interesante fue el cambio de actitud frente a la equivocación. En los exámenes tradicionales el error suele generar frustración, aquí los errores fueron asumidos como retos a resolver. Los niños asociaron la programación con la necesidad de mantener un orden, desarrollando una actitud resiliente y paciente.
- Proyección vocacional: Este proyecto logró reconfigurar la manera en que los estudiantes visualizan su etapa adulta. Las respuestas cualitativas confirmaron esta intención del 90% de explorar

carreras tecnológicas, dejando atrás aspiraciones tradicionales para empezar a imaginarse a sí mismo como “inventores” o “ingenieros”.

Figura 3
Estudiantes durante la fase de pruebas, validando la lógica de programación mediante la respuesta física del sensor



Nota. Estudiantes desarrollando el código en Pictoblock para controlar el esp32.

DISCUCIÓN

A. Interpretación de los hallazgos

Los resultados obtenidos corroboran la hipótesis de que la robótica educativa, mediada por un enfoque proyectual (ABP), acelera significativamente la curva de aprendizaje técnico en la educación primaria. La transición del 5% al 100% en la comprensión funcional de componentes electrónicos se alinea con lo reportado en la meta-análisis de Sapounidis, Tselegkaridis y Stamovlasis [5], quienes identificaron que la manipulación física de objetos de aprendizaje es el predictor más robusto del rendimiento cognitivo en etapas escolares, superando consistentemente a la introducción teórica tradicional.

Sin embargo, el hallazgo más relevante de este estudio no es técnico, si no vocacional. La modificación en las aspiraciones profesionales, donde el 90% de la muestra manifestó un interés explícito en carreras STEM pos-intervención, sugiere que el modelo logró romper la barrera de la autoeficacia tecnológica.

Al contrario de lo que ocurre en la enseñanza tradicional, donde la tecnología se percibe como abstracta, la metodología ABP permitió a los estudiantes experimentar "victorias tempranas". Este fenómeno valida las observaciones de Rizki y Suprapto [7], quienes sostienen que la validación tangible del conocimiento crítico y la retención del interés en ingeniería.

B. La triple hélice como mecanismo de innovación educativa

Al analizar las causas de éxito, la estructura operativa de la Triple Hélice se revela como el mecanismo diferenciador. Mientras que las escuelas públicas a menudo carecen de infraestructura actualizada, la integración de la empresa Insani garantizó la pertinencia tecnológica del currículum y el ISTDAB aportó la transferencia metodológica.

Esta sinergia valida la perspectiva de Cai y Amaral [9]: la innovación educativa no es un acto solidario, si no un producto ecosistémico. La participación de estudiantes universitarios como instructores introdujo una dinámica de mentoría de casi pares, lo que cualitativamente redujo la ansiedad tecnológica y facilitó un clima de aprendizaje, un aspecto que la literatura clásica señala como crucial para la adopción tecnológica en niños.

C. Limitaciones y alcances del estado

Es importante reconocer las limitaciones metodológicas de esta investigación para dimensionar sus alcances. Primero el tamaño muestral (N=20) y la selección no probabilística impiden la generalización estadística de los hallazgos a la población nacional. Segundo, el diseño cuasi-experimental sin grupo de control impide aislar con total certeza el efecto exclusivo de la intervención frente a otras variables exógenas.

Aún con estas limitaciones, como estudio de caso intrínseco, la investigación ofrece una alta validez ecológica, demostrando la viabilidad operativa del modelo en entornos reales con recursos limitados. Los resultados sugieren que, incluso en intervenciones de corta duración, la articulación multisectorial puede detonar cambios significativos en la percepción educativa.

CONCLUSIONES

- Basado en los resultados expuestos, concluimos que la implementación de la robótica educativa, estructurada bajo el modelo de colaboración de la Triple Hélice (Universidad-Empresa-Sociedad), constituye una estrategia altamente eficaz para la alfabetización tecnológica en la educación primaria.

- Quedó demostrado que esta alianza multisectorial suple las carencias crónicas de equipamiento escolar, logrando en este caso una efectividad del 100% en la nivelación de conocimientos, validando que el acceso a herramientas reales (hardware proveído por la empresa) acelera la comprensión de conceptos.
- El verdadero impacto transformador se evidenció en la proyección futura de los alumnos, el interés masivo (90%) por vocaciones científicas o técnicas confirma que la experimentación "aprende haciendo" es el mejor antídoto contra la apatía escolar frente a las ciencias exactas.
- Esta investigación sugiere que la innovación educativa sostenible no depende exclusivamente de grandes inversiones estatales, si no de la gestión inteligente de los activos de conocimientos locales. Se recomienda para futuras líneas de investigación escalar este modelo a diseños experimentales con grupos de control y evaluar la retención de las competencias adquiridas a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

J. Su and W. Yang, "STEAM in practice and research in primary schools: a systematic literature review," Int. J. Sci. Educ., pp. 1-25, 2024.

A. A. Chistyakov et al., "Exploring the characteristics and effectiveness of project-based learning for science and STEAM education," Eurasia J. Math., Sci. Technol. Educ., vol. 19, no. 5, 2023.

X. Hu et al., "Incidences of STEAM strategies based on educational robotics in elementary school students," F1000Research, vol. 13, 2024.

A. Cunha et al., "Self-Regulation of Student Learning in a STEAM Project," MDPI - Education Sciences, vol. 14, no. 1, 2024.

T. Sapounidis, S. Tselegkaridis, and D. Stamovlasis, "Educational robotics and STEM in primary education: a review and a meta-analysis," J. Res. Technol. Educ., vol. 56, no. 4, pp. 462-476, 2024.

IEEE, "STEAM Project-Based Learning Approach to Enhance Teaching-Learning Process," IEEE Journals & Magazine, 2023.

I.A. Rizki and N. Suprapto, "Project-oriented problem-based learning through SR-STEM to foster students' critical thinking skills," Think. Skills Creat., vol. 52, p. 101495, 2024.

M. Nursalim et al., "STEAM-Project-Based Learning: A Catalyst for Elementary School Students' Scientific Literacy Skills," J. Sci. Educ., 2024.

Y. Cai and M. Amaral, "The triple helix model and the future of innovation: A reflection on the triple helix research agenda," Triple Helix, vol. 8, no. 2, pp. 217-229, 2021.

Y. Cai, "Neo-Triple Helix Model of Innovation Ecosystems: Integrating Triple, Quadruple and Quintuple Helix Models," Triple Helix, vol. 9, pp. 76-106, 2022.

Brill, "A Comprehensive Model for Innovation Ecosystems," Brill Academic Publishers, 2024.

J. W. Creswell and J. D. Creswell, Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, 5th ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2018.

R. Hernández-Sampieri and C. P. Mendoza, Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana, 2018.

C. R. Boddy, "Sample size for qualitative research," Qual. Mark. Res., vol. 19, no. 4, pp. 426-432, 2016.

V. Braun and V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology," Qual. Res. Psychol., vol. 3, no. 2, pp. 77–101, 2006.