



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2026,
Volumen 10, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i2

**IMPLEMENTACIÓN DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA
CON LEGO MINDSTORMS EV3 BAJO EL ENFOQUE
STEAM PARA EL APRENDIZAJE DE LAS
MATEMÁTICAS EN EDUCACIÓN SECUNDARIA**
IMPLEMENTATION OF EDUCATIONAL ROBOTICS WITH
LEGO MINDSTORMS EV3 UNDER THE STEAM APPROACH
FOR MATHEMATICS LEARNING IN SECONDARY
EDUCATION

Isacc Israel Araujo Guerrero
Ministerio de Educación – Ecuador

Ibeth Jacqueline Quispe Vargas
Ministerio de Educación - Ecuador

Paola Lucia Lema Avalos
Ministerio de Educación – Ecuador

Edith Tamia Lema Avalos
Ministerio de Educación – Ecuador

Patricia del Rosario Cobos Solis
Ministerio de Educación – Ecuador

Marlene de Jesús Sailema Amancha
Ministerio de Educación - Ecuador

Implementación de la robótica educativa con LEGO Mindstorms EV3 bajo el enfoque STEAM para el aprendizaje de las matemáticas en educación secundaria

Isacc Israel Araujo Guerrero¹

isra_clon@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-5237-9554>

Ministerio de Educación
Ecuador

Ibeth Jacqueline Quispe Vargas

ibeth-quispe@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-8508-3728>

Ministerio de Educación
Ecuador

Paola Lucia Lema Avalos

pauli9218@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-7116-6249>

Ministerio de Educación
Ecuador

Edith Tamia Lema Avalos

editavalos24@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-8633-4567>

Ministerio de Educación
Ecuador

Patricia del Rosario Cobos Solis

paticocobos1981@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-7550-5206>

Ministerio de Educación
Ecuador

Marlene de Jesús Sailema Amancha

marlenesailema@yahoo.com

<https://orcid.org/0009-0008-0944-2995>

Ministerio de Educación
Ecuador

RESUMEN

El presente estudio tiene como propósito examinar la aplicación de la robótica educativa con el LEGO Mindstorms EV3 con el enfoque STEAM como estrategia para el aprender de las matemáticas en alumnos de educación secundaria. La investigación que se ha llevado a cabo lo ha sido bajo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-aplicativo y un diseño no experimental de corte transversal. La población debe estar formada por 40 estudiantes de la Unidad Educativa Picaihua. La población ha sido seleccionada mediante el muestreo no probabilístico por conveniencia. Para la recolección de la información de los datos se ha utilizado un cuestionario estructurado de 10 ítems dicotómicos (Sí/No), cuyos resultados han sido analizados en términos porcentuales. Así mismo, se llevaron a cabo actividades prácticas durante 10 sesiones de trabajo relacionadas con la construcción y programación de prototipos robóticos a partir del LEGO Mindstorms EV3 y Arduino Uno, codo a codo con el enfoque STEAM. Las conclusiones del trabajo plantean que un 70% de los alumnos afirman que el uso de nuevas metodologías les ayuda a mejorar el aprendizaje, un 82% creen que las metodologías activas necesita la incorporación de tecnología en el aula y todos los participantes consideran importante la práctica para la comprensión de contenidos matemáticos. Los promedios grupales de matemáticas pasaron de 7,20 a 8,60, evidenciando el impacto positivo de la intervención. Se concluye, posteriormente, que la robótica educativa integrada dentro del enfoque STEAM puede considerarse una estrategia didáctica eficaz para mejorar el aprendizaje de las matemáticas y el desarrollo de habilidades cognitivas en educación secundaria.

Palabras clave: robótica educativa; STEAM; LEGO Mindstorms EV3; aprendizaje de las matemáticas; educación secundaria

¹ Autor principal.

Correspondencia: isra_clon@hotmail.com

Implementation of Educational Robotics with LEGO Mindstorms EV3 under the STEAM Approach for Mathematics Learning in Secondary Education

ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the use of educational robotics with LEGO Mindstorms EV3 and a STEAM approach as a strategy for teaching mathematics to secondary school students. The research was conducted using a quantitative, descriptive-applied approach and a non-experimental cross-sectional design. The population consists of 40 students from the Picaihua Educational Unit. The population was selected using non-probabilistic convenience sampling. To collect data, a structured questionnaire consisting of 10 dichotomous items (Yes/No) was used, and the results were analyzed in terms of percentages. Additionally, practical activities were conducted over 10 sessions focused on the construction and programming of robotic prototypes using LEGO Mindstorms EV3 and Arduino Uno, in line with the STEAM approach. The study's findings indicate that 70% of students affirm that the use of new methodologies helps them improve their learning, 82% believe that active methodologies require the incorporation of technology in the classroom, and all participants consider practice important for understanding mathematical content. Group averages in mathematics rose from 7.20 to 8.60, demonstrating the positive impact of the intervention. It is subsequently concluded that educational robotics integrated into the STEAM approach can be considered an effective teaching strategy for improving mathematics learning and the development of cognitive skills in secondary education.

Keywords: educational robotics; STEAM; LEGO Mindstorms EV3; mathematics learning; secondary education

Artículo recibido 15 febrero 2026

Aceptado para publicación: 15 marzo 2026



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el ámbito escolar ha contemplado transformaciones importantes por el impacto de la evolución tecnológica, por la digitalización y por la creciente solicitud de competencias complejas en los alumnos. En este sentido, el aprendizaje de las matemáticas continúa siendo uno de los principales escollos de la educación secundaria, cosa que se pone en evidencia en los bajos niveles de rendimiento procedentes de la escuela secundaria, las dificultades en la implicación de los conceptos abstractos, la inconclusa motivación que tiene el alumnado (OECD, 2019).

A partir de esta problemática aparece la necesidad de implementar enfoques pedagógicos innovadores que favorezcan procesos de enseñanza-aprendizaje más dinámicos, significativos y contextualizados. En este sentido, el enfoque STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) se ha ido consolidando como una propuesta educativa de carácter interdisciplinar, orientada hacia el desarrollo de competencias del siglo XXI como el pensamiento crítico, la creatividad, la resolución de problemas o el trabajo colaborativo (Yakman & Lee, 2012; Henriksen, 2014). Desde una perspectiva constructivista, este enfoque invita al alumnado a ser el protagonista del aprendizaje, puesto que incide en la construcción del conocimiento tomando como base la experimentación, la interacción y la aplicación a los contextos reales (Vygotsky, 1978; Freeman et al., 2014).

En este sentido, la robótica educativa se presenta como un recurso pedagógico altamente adecuado, ya que permite integrar de manera efectiva contenido tanto teórico como práctico a partir de actividades relacionadas con el diseño y la construcción de prototipos tecnológicos o la programación de los mismos. Plataformas como LEGO Mindstorms EV3 facilitan la representación visual y concreta de conceptos matemáticos y científicos a través de entornos de aprendizaje divertidos, interactivos y contextualizados, lo que sucede en el contexto del aumento de la motivación y del desarrollo del pensamiento computacional en el alumnado (Eguchi, 2014; Bers, 2018).

Sin embargo, a pesar de los beneficios que se reportan en la bibliografía, la implementación de la robótica educativa en el enfoque STEAM plantea una serie de limitaciones en el caso de la educación en contextos latinoamericanos. Entre estas se encuentran la insuficiente formación del profesorado en metodologías activas, la escasa disponibilidad de recursos tecnológicos y una rigidez curricular que no permite explotar los enfoques interdisciplinarios (Severín & Capota, 2019; Quigley & Herro, 2016). En



los contextos ecuatorianos estas condiciones se traducen en la permanencia de un tipo de práctica educativa en la que no se encuentra cabida a experiencias de aprendizaje innovadoras.

De este modo, el presente trabajo se plantea como objetivo analizar la implementación de la ideología de la robótica educativa a través del uso de LEGO Mindstorms EV3 mediante la ideología STEAM como propuesta metodológica para el aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes de educación secundaria. Igualmente, examinar su contribución en el desarrollo de habilidades cognitivas y en la mejora del rendimiento académico mediante un análisis del tipo cuantitativo descriptivo.

Aportando este trabajo evidencia empírica contextualizada en el contexto educativo ecuatoriano, así se enriquecerá la discusión sobre la utilidad de las metodologías activas de enseñanza de las matemáticas y de su posibilidad de dar respuesta a los retos que presenta la enseñanza en el presente.

Antecedentes

En los últimos años, se ha producido un progresivo auge del enfoque STEAM en la educación como enfoque pedagógico orientado a la formación de competencias del siglo XXI, así como en contextos de educación secundaria. Diversos estudios han mostrado que la ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas a través de entornos de aprendizaje interdisciplinarios pueden ayudar a seguir mejorando el pensamiento crítico, la creatividad, la resolución de problemas y el trabajo en equipo (Henriksen, 2014; Herro & Quigley, 2017). Estos resultados han colocado dicho enfoque como una alternativa válida frente a aquellos modelos tradicionales de enseñanza caracterizados por una transmisión de contenidos. Así, la robótica educativa se ha erigido en una de las herramientas más eficaces en la implementación de metodologías activas, dado que permite la unión entre teoría y práctica, gracias a experiencias de aprendizaje que tienen en cuenta la experimentación y el diseño de soluciones frente a problemas que se presentan de forma real en la vida cotidiana, es decir, en un entorno inmediato que favorece la finalidad de incidir en la enseñanza/aprendizaje. Algunas investigaciones anteriores han dado cuenta de que la interacción directa con sistemas robóticos contribuye a la comprensión de conceptos abstractos, en especial en lo que respecta a áreas como las matemáticas y las ciencias, pues las representaciones que se dan desde la robótica son concretas y contextualizadas (Alimisis, 2013; Eguchi, 2014), pero también se ha demostrado que este tipo de experiencias son positivas para el desarrollo del pensamiento

computacional, que entiende este pensamiento como la capacidad de formular problemas y de diseñar soluciones de esos problemas a través de procesos algorítmicos y secuenciales (Bers, 2018).

Por un lado, estudios que han sido aplicados en el entorno universitario han puesto de relieve cómo, gracias a metodologías de tipo LEGO (LEGO Serious Play), se favorece el desarrollo de competencias profesionales y habilidades comunicativas, así como el pensamiento creativo. En este sentido, los datos que reportan Cervantes Castro et al. (2023) indican que un gran porcentaje de estudiantes percibe estas metodologías como un refuerzo indispensable dentro de su formación, significando la pertinencia de llevarlas a cabo desde niveles escolares anteriores, pero por sobre todo desde la secundaria, donde se van constituyendo bases de pensamiento lógico-matemático.

Sin embargo, a pesar de los ya mencionados beneficios, la robótica educativa en el enfoque STEAM presenta diferentes limitaciones, sobre todo en el contexto latinoamericano. Entre las limitaciones podemos encontrar la escasa preparación del docente en metodologías innovadoras, la escasez de recursos tecnológicos y la rigidez e inercia de los currículos escolares que dificultan la integración de enfoques interdisciplinarios en el entorno del aula (Severín & Capota, 2019; Sáez-López et al., 2016). La realidad precisa de investigaciones aplicadas que analicen el impacto de dichas metodologías en contextos concretos con el fin de complementar la comprensión de la realidad.

Por lo que respecta al caso ecuatoriano, todavía la robótica educativa como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje está en una fase incipiente caracterizada casi exclusivamente por enfoques tradicionales y sistematizaciones de experiencias innovadoras en el aula realmente escasas. En este sentido, es esencial para generar evidencia empírica que dé cuenta del evaluar del potencial de la robótica educativa articulada con el enfoque STEAM como una estrategia didáctica para mejorar el aprendizaje de las matemáticas y el desarrollo de habilidades cognitivas en estudiantes de secundaria.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, relacionado con el tratamiento de la información numérica para analizar la percepción del estudiantado y el efecto posible de la robótica educativa, bajo el enfoque STEAM, en el aprendizaje de las matemáticas. Por lo que hace al rigor metodológico, este estudio se enmarca dentro de un tipo de diseño no experimental de corte transversal



y de tipo descriptivo-aplicativo, dado que se analiza un hecho educativo acabada la intervención didáctica, sin experimentación deliberada de variables independientes.

Por lo que hace a las comparaciones del rendimiento académico obtenido antes y después de aplicar la intervención, hay que señalar que no se trata de comparación causal, sino que se toma como un análisis descriptivo que auxiliar para buscar con ello tendencias que permitan encontrar efectos generados por la aplicación de la propuesta pedagógica.

La población estuvo formada por personas del alumnado de educación secundaria de la Unidad Educativa Picaihua, situada en la provincia de Tungurahua, Ecuador. La muestra fue de 40 estudiantes ($n = 40$), los cuales fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado el tipo de accesibilidad que tenía el investigador en el contexto educativo.

La técnica que se utilizó para la obtención de los datos fue la encuesta, a través de la aplicación de un cuestionario estructurado, compuesto por 10 ítems de respuesta dicotómica (Sí/No), empleado como instrumento de carácter exploratorio con la finalidad de detectar la percepción del alumnado en relación al uso de la robótica educativa, la implementación de las metodologías activas y las predisposiciones a favor del aprendizaje mediado por las tecnologías. Con posterioridad, los datos obtenidos fueron analizados en términos de estadística descriptiva, con el uso de frecuencias y porcentajes que permitieron detectar patrones, tendencias o regularidades en las respuestas.

La intervención educativa fue desarrollada en un total de 10 sesiones, entre 60 a 90 minutos cada una, contemplando contenidos del currículum del área de las matemáticas vinculados a una actividad práctica relacionada con una aplicación de la robótica educativa. Durante este periodo de tiempo, el alumnado elaboró, programó y ejecutó prototipos robóticos, a través de una práctica de trabajo desarrollada con LEGO Mindstorms EV3 y Arduino Uno, y conforme a los conceptos del enfoque STEAM.

A continuación se presenta las secuencias didácticas implementadas:

Tabla 1. Secuencia de sesiones de la intervención educativa con robótica educativa y enfoque STEAM

Sesión	Plataforma	Contenido matemático	Actividad STEAM
1-2	LEGO EV3	Introducción a STEAM y robótica; programación básica	Exploración del kit EV3; primer programa; identificación de sensores y motores
3-4	LEGO EV3	MRU; velocidad angular; funciones lineales	Construcción del robot EV3MEG; programación de trayectorias; cálculo de velocidad
5-6	LEGO EV3	MC; período; frecuencia; expresiones numéricas	Giro programado; medición de revoluciones; cálculo de distancias y tiempos
7	LEGO EV3	Geometría: ángulos y distancias; error porcentual	Sensor ultrasónico; detección de obstáculos; análisis de error de medición
8-9	Arduino Uno	Circuitos eléctricos básicos; lógica binaria; álgebra booleana	Programación de LEDs, motores y módulo Bluetooth; control de velocidad
10	Arduino/EV3	Evaluación integral: álgebra, geometría, lógica y física aplicada	Reto integrador: robot autónomo multisensor; análisis matemático completo

Nota. Distribución de 10 sesiones de intervención (60-90 min. cada una). MRU = movimiento rectilíneo uniforme; MC = movimiento circular. Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de complementar el análisis se tuvieron en cuenta la media de las calificaciones de las personas participantes sobre los contenidos de matemáticas, de física e informática antes y después de la actuación, según la escala oficial de 0 a 10 puntos. Dicho análisis se establece como referencia descriptiva del posible comportamiento del rendimiento académico con respecto a la propuesta actuada. En cuanto a los aspectos éticos se estableció la confidencialidad de la información obtenida, así como su uso exclusivo para los datos académicos obtenidos. La participación de las personas participantes fue voluntaria y se tuvieron en cuenta únicamente las personas participantes que completaron el instrumento de la recolección de datos.

Por último, entre las principales limitaciones del estudio se recoge el escaso tamaño de la muestra, la ausencia de grupo de control o su aplicación en sólo un contexto educativo, lo que limita la generalización de los resultados; sin embargo, los resultados obtenidos permiten contar con evidencias preliminares sobre la aplicación de la robótica educativa bajo el enfoque STEAM en la educación secundaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se han obtenido nos permiten analizar, desde una perspectiva totalmente descriptiva, tanto la percepción estudiantil respecto al uso de la robótica educativa integrada en el enfoque STEAM, como la posible relación que podría tener con el rendimiento académico en el área de matemáticas.

En primer lugar, en cuanto a la percepción del alumnado, los resultados muestran una alta aceptación de metodologías activas mediante el uso de tecnología. Y, a pesar de que solo un 12% de los estudiantes indica tener conocimientos previos en robótica, sí que se reconoce una muy alta disposición a que la robótica educativa pueda formar parte de la enseñanza y aprendizaje. Es evidente que el 100% de los participantes tiene interés por aprender mediante actividades prácticas con robots y el 90% opina que el uso de la tecnología puede ayudar bastante en el aprendizaje de otras áreas.

También se observa una percepción crítica hacia los métodos de enseñanza tradicionales, ya que un 68% de los alumnos indica que no se siente a gusto con la manera tradicional de aprender matemáticas. Esta tendencia nos llevaría a la conclusión de que hay que buscar nuevas estrategias de enseñanza que se adapten a los nuevos retos que el contexto educativo tiene que dar respuesta.

Tabla 2. Percepción de los estudiantes (n = 40) sobre el aprendizaje de las matemáticas con robótica educativa y enfoque STEAM

Ítem del cuestionario	Sí (%)	No (%)
1. ¿Conoce usted sobre la robótica?	12	88
2. ¿Le gusta la forma tradicional de aprender las matemáticas?	32	68
3. ¿Cree que jugando se podría aprender física y matemática?	77	23
4. ¿Le gustaría aprender mediante la robótica diversas materias?	100	0
5. ¿Considera que el uso de la tecnología ayudaría al estudio de todas las áreas?	90	10
6. ¿Te gustaría participar en una actividad en la que trabajes con robots?	95	5
7. ¿El profesor aplica nuevas técnicas de enseñanza-aprendizaje?	75	25
8. ¿El uso de nuevas técnicas y metodologías ayudaría a la enseñanza del aprendizaje?	70	30
9. ¿Crees que es necesaria más tecnología para las diversas áreas de la institución?	82	18
10. ¿Considera adecuado un sistema de aprendizaje basado en hechos prácticos?	100	0

Nota. Resultados del cuestionario de 10 ítems dicotómicos (Sí/No) aplicado a los 40 estudiantes de la Unidad Educativa

Picaihua, Ecuador. Fuente: Elaboración propia.



El análisis de la Tabla 2 permite detectar un patrón claro de aceptación ante el aprendizaje basado en experiencias tecnológicas y prácticas, sugiriendo que la robótica educativa en articulación con el enfoque STEAM no solo incrementa la motivación del alumnado, sino que también favorece su disposición hacia el aprendizaje significativo y activo. Estos resultados son coherentes con estudios anteriores que han puesto de manifiesto el impacto de la metodología activa sobre la motivación y la participación del alumnado (Henriksen, 2014; Eguchi, 2014).

En segundo lugar, en lo que hace referencia al rendimiento académico, la tendencia es una contante mejora en los promedios de los alumnos a partir de la intervención didáctica, y en concreto hay evidencias de la mejora académica en el área de matemáticas, donde se registran promedios superiores a los que se almacenaron poco antes de la aplicación de la propuesta.

Tabla 3. Comparación de promedios académicos grupales antes y después de la intervención (escala 0-10)

Área evaluada	Promedio sin robótica	Promedio con robótica	Índice de mejora
Matemáticas	7.20	8.60	+1.40
Física	7.00	8.30	+1.30
Informática	7.90	9.20	+1.30

Nota. Promedios calculados sobre calificaciones oficiales de la institución (escala 0-10) antes y después de las 10 sesiones de robótica educativa. Fuente: Elaboración propia.

La variación en el rendimiento académico indica una trayectoria positiva tras el posterior uso de la robótica educativa como metodología de enseñanza. No obstante, hay que tener en consideración el hecho de que este trabajo es de carácter no experimental, por lo que los resultados se deben interpretar con la cautela que la situación requiere, dado que no se puede llegar a establecer relaciones de causa-efecto entre la aplicación de la intervención y la variación observada.

Desde una visión interpretativa, los resultados corresponden a aspectos como el aumento en la motivación, la participación activa del estudiante y la contextualización del aprendizaje, los cuales son muy reconocidos dentro de la literatura como promotores del proceso educativo en contextos STEAM (Bers, 2018; Herro & Quigley, 2017).

En conjunto, los resultados que hemos obtenido denotan que la robótica educativa aplicada desde la propuesta STEAM es una metodología de enseñanza para fomentar el aprendizaje de las matemáticas, promoviendo para aprender contextos más activos, participativos y centrados en el estudiante. Ahora bien, se requieren estudios con diseños metodológicos más robustos que hagan posible validar estos resultados y profundizar en los efectos a largo plazo.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permiten llegar a la conclusión de que la robótica educativa, combinada con el enfoque STEAM, puede ser una adecuada y pertinente estrategia didáctica para facilitar y potenciar el aprendizaje de las matemáticas en educación secundaria. Desde una perspectiva descriptiva, se encontró una alta valoración de los participantes a las metodologías activas mediadas por la tecnología, así como una buena predisposición hacia el aprender haciendo y aprendiendo a través de la experimentación.

Respecto al rendimiento académico, los resultados muestran que la media final es mejor al final de la intervención en comparación con la media inicial, lo que podría sugerir la posibilidad de que exista una asociación entre el uso de la propuesta didáctica utilizada y el rendimiento académico del alumnado. Sin embargo, dada la naturaleza no experimental del presente estudio, deben tomarse las conclusiones con precaución, evitando establecer relaciones de causalidad directa.

Además, la utilización de herramientas como LEGO Mindstorms EV3 y Arduino Uno favorecieron la contextualización de los contenidos, ayudando a la comprensión de conceptos matemáticos a partir de situaciones prácticas, concretas y significativas. Se puede concluir que este enfoque no sólo favorecen el asentamiento de competencias de tipo cognitivo, sino que también favorecen la generación de competencias de tipo profesional como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo.

Por la otra parte, el presente estudio hace evidente la necesidad de implementar dentro del sistema educativo ecuatoriano, de manera sistemática, metodologías procedentes de la innovación, tal y como se señala también en la descripción de las limitaciones a la formación docente, a la infraestructura tecnológica disponible o al grado de flexibilidad curricular dentro del aula.



Finalmente, se recomienda que se lleve a cabo investigación futura con diseños metodológicos más robustos, incluyendo grupos de control y análisis inferenciales, para validar lo encontrado y, a la vez, profundizar más en el impacto de la robótica educativa a partir del enfoque STEAM en diferentes contextos educativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.
- Bers, M. U. (2018). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315398945>
- Cervantes Castro, C. M., Velázquez López, G. del C., Vargas Almeida, A., Pérez Santos, S., & Angulo Córdova, R. (2023). Implementación del taller "Universitarios Rumbo al 2030 con Lego Serious Play" a estudiantes de la carrera de Ingeniería en Automatización y Control Industrial de la UPGM. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 4872-4889. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6520
- Eguchi, A. (2014). Robotics as a learning tool for educational transformation. En *Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics & Integrating Technology in Education* (pp. 27-34).
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. *The STEAM Journal*, 1(2), 15. <https://doi.org/10.5642/steam.20140102.15>
- Herro, D., & Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: Implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 416-438. <https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507>
- Mosquera Hidalgo, P. M., Medina Andrade, R. M., Hidalgo Ortega, L. A., Choloquina Catota, G. N., & Quinzo Guevara, J. I. (2025). Uso de metodologías STEAM para fomentar habilidades del



- siglo XXI en estudiantes de bachillerato: Un análisis sistemático. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2). https://doi.org/10.37811/cl_rem.v9i2.17600
- OECD. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Quigley, C. F., & Herro, D. (2016). "Finding the joy in the unknown": Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410-426. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
- Sáez-López, J. M., Román-González, M., & Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two-year case study using Scratch in five schools. *Computers & Education*, 97, 129-141. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.003>
- Severín, E., & Capota, C. (2019). *La integración de tecnologías digitales en la educación en América Latina: Tendencias y desafíos*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072-1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>

