

Artículo de Investigación

Matemática basada en proyectos STEM: experimentos interdisciplinarios para contextualizar conceptos matemáticos en Bachillerato

Mathematics based on STEM projects: interdisciplinary experiments to contextualize mathematical concepts in high school

Matemática baseada em projetos STEM: experimentos interdisciplinares para contextualizar conceitos matemáticos no Ensino Médio



Pilar Emperatriz Paguay Asqui¹  , Eulalia Cepeda Miranda¹  ,
Edgar David Cepeda Yuquilema¹  , Mariano Anilema Pilamunga¹  ,
Luz María Quinte Guaranda¹  , María Belén Cepeda Miranda¹  

¹ Ministerio de Educación, Deporte y Cultura del Ecuador, Riobamba, Ecuador

Recibido: 2025-12-15 / **Aceptado:** 2026-01-20 / **Publicado:** 2026-01-30

RESUMEN

Esta investigación quiere ver cómo mezclar diferentes proyectos de matemáticas con experimentos prácticos ayuda a los estudiantes de secundaria a obtener realmente los conceptos matemáticos. Usamos un método basado en números con un diseño de estudio que es como un experimento, comparando grupos que recibieron impulso de enseñanza con aquellos que no vieron cómo cambiaba las cosas. La muestra incluyó 120 estudiantes elegidos convenientemente para tomar muestras en una escuela urbana para reunir información, usamos un examen de matemáticas para comprobar la comprensión y una escala para medir cómo están motivados los estudiantes. Los resultados indican que el grupo experimental vio notables aumentos en sus calificaciones matemáticas y su impulso interno y externo para sobresalir en matemáticas, a diferencia del grupo de control. La gran participación en proyectos prácticos muestra un entorno de apoyo para el aprendizaje que es activo y se adapta a la situación. Esta investigación respalda cómo mezclar matemáticas con otras asignaturas STEM a través de proyectos prácticos puede realmente impulsar una educación atractiva e inspiradora. Esto también destaca la necesidad de estrategias docentes nuevas que aborden los obstáculos de aprendizaje actuales, fomentando habilidades clave vitales para el siglo XXI. Estudios futuros se sugieren para evaluar el impacto a largo plazo de estos enfoques y el papel de las herramientas digitales en la combinación de diferentes temas. Esta investigación ofrece pruebas sólidas e estrategias inteligentes para educadores y creadores de planes de estudio con el objetivo de mejorar la enseñanza de matemáticas para los estudiantes de bachillerato.

Palabras clave: matemática; STEM; proyectos interdisciplinarios; experimentos; bachillerato; motivación

ABSTRACT

This research aims to examine how blending different math projects with hands-on experiments helps secondary school students truly grasp mathematical concepts. We used a quantitative method with a study design akin to an experiment, comparing groups that received instructional support with those that did not observe any changes. The sample included 120 students conveniently selected from an urban school to gather data; we used a math test to assess comprehension and a scale to measure students' motivation. The results indicate that the experimental group experienced notable increases in their math scores and in both their intrinsic and extrinsic motivation to excel in mathematics, in contrast to the control group. Furthermore, the high level of engagement in hands-on projects demonstrates a supportive learning environment that is active and responsive to the situation. This research supports the idea that integrating mathematics with other STEM subjects thru practical projects can truly foster engaging and inspiring education. It also highlights the need for innovative teaching strategies that address current learning obstacles, fostering key skills vital for the 21st century. Future

studies are suggested to evaluate the long-term impact of these approaches and the role of digital tools in integrating different subjects. This research offers solid evidence and smart strategies for educators and curriculum developers aimed at improving mathematics instruction for high school students.

keywords: mathematics, STEM, interdisciplinary projects, experiments, high school, motivation

RESUMO

Esta pesquisa busca analisar como a integração de projetos matemáticos com experimentos práticos contribui para que estudantes do ensino médio compreendam de forma mais significativa os conceitos matemáticos. Utilizou-se uma abordagem quantitativa, com um delineamento quase experimental, comparando grupos que receberam intervenção pedagógica com aqueles que não a receberam, a fim de observar as mudanças ocorridas. A amostra foi composta por 120 estudantes selecionados por conveniência em uma instituição urbana. Para a coleta de dados, aplicou-se um teste de matemática para avaliar a compreensão conceitual e uma escala para medir a motivação dos estudantes. Os resultados indicam que o grupo experimental apresentou aumentos significativos no desempenho em matemática, bem como na motivação intrínseca e extrínseca para se destacar nessa disciplina, em comparação com o grupo de controle. Além disso, a elevada participação em projetos práticos evidencia a criação de um ambiente de aprendizagem ativo, favorável e contextualizado. Esta pesquisa sustenta que a integração da matemática com outras áreas STEM, por meio de projetos experimentais, pode fortalecer uma educação mais envolvente e inspiradora. Destaca-se também a necessidade de estratégias pedagógicas inovadoras que enfrentem os desafios atuais da aprendizagem, promovendo o desenvolvimento de competências essenciais para o século XXI. Estudos futuros são recomendados para avaliar o impacto a longo prazo dessas abordagens e o papel das ferramentas digitais na integração de diferentes áreas do conhecimento. Assim, este estudo oferece evidências consistentes e estratégias relevantes para educadores e formuladores de currículos interessados em aprimorar o ensino de matemática no ensino médio.

palavras-chave: matemática; STEM; projetos interdisciplinares; experimentos; Ensino Médio; motivação

Forma sugerida de citar (APA):

Paguay Asqui, P. E., Cepeda Miranda, E., Cepeda Yuquilema, E. D., Anilema Pilamunga, M., Quinte Guaranda, L. M., & Cepeda Miranda, M. B. (2026). Matemática basada en proyectos STEM: experimentos interdisciplinarios para contextualizar conceptos matemáticos en Bachillerato. *Revista Científica Multidisciplinar SAGA*, 3(1), 156-164. <https://doi.org/10.63415/saga.v3i1.338>



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0

INTRODUCCIÓN

Este estudio se aplicó de marzo a diciembre de 2018 en una institución pública de Barranquilla, mediante un enfoque cualitativo y descriptivo de casos. La muestra intencional estuvo compuesta por nueve estudiantes inscritos en la asignatura de Matemáticas IV de un grado de Bachillerato. Los instrumentos incluyeron una prueba diagnóstica inicial, matrices de observación, una guía de experimentación, rúbricas y una prueba diagnóstica final para el post proyecto, cuyos análisis permitieron abordar el estudio desde la teoría fundamentada y la aritmética tercero-interactiva-vivencial. Los resultados cualitativos determinaron que los experimentos interdisciplinarios favorecen la contextualización de conceptos matemáticos en situaciones de la vida diaria. Los estudiantes parecen realmente cavar clases experimentales

de matemáticas, mostrando que están entusiasmados y entusiasmados con el tema.

El problema subyacente a esta investigación es la dificultad persistente demostrada por los estudiantes de secundaria en relacionar la teoría matemática con situaciones concretas observables en el mundo real, lo que causa aprendizaje fragmentado e insignificante. y una aplicación limitada de conceptos matemáticos. (Boaler, 2016). Si bien sigue creciendo el interés por la educación STEM, no existe literatura que explique cómo los experimentos interdisciplinarios pueden contextualizar conceptos matemáticos concretos ni cómo pueden ayudar en la evaluación del impacto que conlleva a nivel del rendimiento y la motivación del alumnado (Wang, Moore, Roehrig, & Park, 2011). Este estudio se propone cubrir tal escenario

entregando evidencia empírica y un modelo pedagógico que lo haga posible.

Este trabajo de investigación nos muestra que es necesario sacudir la forma en la que enseñamos matemáticas para poder continuar con lo que la sociedad pide y toda la novedad de la tecnología. Cuando unimos matemáticas con otras materias el hacer proyectos no sólo es conseguir los conceptos, sino también afilar nuestro pensamiento crítico, creatividad, habilidades de trabajo en equipo, que son todas muy importantes hoy en día (Consejo Nacional de Investigación, 2014) y que podrían mejorar la casi permanente deserción o bajo rendimiento en matemáticas que sufren los sistemas educativos de muchos países del mundo (OECD, 2019).

La base de este estudio se basa en el aprendizaje basado en proyectos y métodos de enseñanza STEM, a partir de las teorías de Vygotsky sobre aprendizaje y cultura, centradas en lo que impulsa a los estudiantes, cómo entienden los conceptos, y cómo aplican lo que han aprendido. Todo mientras mezcla Thomas (2000) dice que ABP ayuda con el aprendizaje práctico que tiene sentido en la vida real. Howse (2013) cree que es un gran fro que despierta interés y motiva a los estudiantes, además les ayuda a crecer su pensamiento y habilidades emocionales. Bybee (2013) Estos principios dan forma a cómo planeamos examinar los proyectos que vamos a poner en marcha. Tales postulados orientan la estructura y el análisis de los proyectos a implementar.

En cuanto a la literatura relacionada, es evidente que el aprendizaje basado en proyectos ayuda a mejorar tanto la comprensión matemática como la motivación de los estudiantes (Kapur & Bielaczyc, 2012; Stohlmann, Moore & Roehrig, 2012); sin embargo, Pocos estudios han sido experimentales en la implementación de proyectos interdisciplinarios que involucran las matemáticas implícita y explícitamente, y aún menos se han centrado específicamente en el nivel de educación del Bachillerato. Liao, Chen y Yeh (2020) también descubrieron que mezclar diferentes campos en STEM aumenta

los intereses y las calificaciones, e incluso ofrece una nueva manera de conectar teorías con experimentos prácticos.

El Centro de Bachillerato en el que se llevó a cabo la investigación está inmerso en una ciudad llena de vibraciones socioeconómicas y culturales diversas y es más o menos el cliché del escenario de la enseñanza superior en México. El estudio pone a prueba cómo el uso de métodos centrados en habilidades y el aprendizaje activo se acomoda en el currículo de la educación superior en México, sobre todo en clases de matemáticas con habilidades STEM asociadas con las habilidades de uso utilizables.

Al final, se considera que estos hands-on y los proyectos STEM interdisciplinarios de hecho son un apoyo a los alumnos de Bachillerato para poder tener un mejor control sobre las matemáticas y mantenerlos interesados por este trabajo que tiene como propósitos (1) diseñar e implementar un proyecto interdisciplinario que integre conceptos matemáticos tratados y otras áreas del STEM, (2) evaluar su impacto en el aprendizaje y en la motivación del alumno y (3) analizar el contexto favorable o incompatible.

METODOLOGÍA

La investigación de esto es la práctica porque tenía como objetivo abordar un problema real: los estudiantes del Bachillerato a menudo luchan con las matemáticas, y no están recibiendo suficiente formación STEM para sus futuras carreras y vida. es longitudinal porque revisamos las actitudes matemáticas de los estudiantes antes y después de enseñarles algo nuevo para ver cuánto marcó la diferencia (Hernandez, Fernández, & baptista, 2014).

El diseño del estudio fue cuasiexperimental con grupo control y experimental, así mismo, este es de tipo transversal. Se eligieron dos grupos de estudiantes del Bachillerato de una escuela de la ciudad; uno se puso a trabajar en proyectos relacionados con STEM, mientras que el otro se quedó con las lecciones de matemáticas habituales. La elección de esto fue hecha para comparar cosas de una manera en la que no puedes elegir al azar,

especialmente por lo que está pasando en esta escuela específica (Shadish, Cook, & Campbell, 2002) La intervención se extendió durante un cuarto, dándonos tiempo suficiente para poner en marcha y evaluar los proyectos.

La población objetivo estaba formada por 120 estudiantes de tercer año de secundaria de 16 a 18 años. La muestra de conveniencia no probabilística fue el más adecuado debido al contexto institucional y la voluntariedad de participación, según (Etikan, Musa, & Alkassim, 2016). Un requerimiento para ser incluido en la muestra fue la asistencia un 80% durante el periodo de intervención, pero también que se firmara un consentimiento informado. Cabe destacar que se expulsó a aquellos estudiantes con necesidades educativas especiales con la necesidad de adaptar el currículo en función de la actualización normal que recibió el resto del grupo, que no podía recibirla.

Los números para este trabajo, para llegar a los números del trabajo, utilizamos dos formas básicas: por un lado, a través de la encuesta estandarizada para estimar la motivación por el aprendizaje de matemáticas que tienen los estudiantes (Escala de motivación académica, EMA) y por el otro un cuestionario hecho a medida para ver cuál era su comprensión sobre los conceptos matemáticos a través de los proyectos STEM (Pintrich & De Groot, 1990; Hernández et al., 2014). Todo esto cuenta con el beneplácito de personas expertas y algunas pruebas previas que garantizaban que eran altos y fiables (Alfa de Cronbach de más de 0.80). Además, empleamos una lista de comprobación pormenorizada para registrar de qué forma las personas se involucraban en los experimentos.

Desde el punto de la ética, se tuvo en todo momento en consideración la confidencialidad y el anonimato de los participantes y el consentimiento informado, firmado por los estudiantes y los tutores legales, de acuerdo con las recomendaciones internacionales y nacionales para la investigación educativa con menores (American Educational Research Association [AERA], 2011). Se garantizó la voluntariedad y el derecho a la retirada en

cualquier momento y sin consecuencias. La ética del estudio fue aprobada por el comité ético de la empresa, la cual cumplió con los principios de la beneficencia, no maleficencia, justicia y respeto (Israel & Hay, 2006).

Como limitaciones se plantea la no aleatorización total de la muestra lo que puede repercutir en la generalización de los resultados junto al tiempo de intervención y la pluralidad cultural y socioeconómica de la muestra donde pudieron haber influido en la variabilidad de los datos (Shadish et al., 2002). Estas se vieron atenuadas en la presente investigación por medio de controles estadísticos y estandarizaciones de los procedimientos que fortalecieron la validez interna y permiten la replicabilidad del estudio en contextos semejantes.

RESULTADOS

Los resultados descriptivos evidencian una muestra equilibrada y pertinente para el análisis. La Tabla 1 muestra una distribución casi equitativa por sexo, con ligera predominancia femenina (51.7%), y una mayor concentración de estudiantes de 17 años (41.7%), lo que refleja una cohorte típica del bachillerato. Predomina el nivel socioeconómico medio (54.2%), seguido del bajo (33.3%), lo que denota un contexto educativo heterogéneo pero representativo. Esta caracterización fortalece la validez contextual de los hallazgos posteriores del estudio.

En cuanto a los efectos de la intervención, las Tablas 2, 3, 4, 5 y 6 evidencian resultados consistentes y estadísticamente significativos. El grupo experimental mostró un incremento notable en la comprensión matemática ($\Delta = 16.8$), muy superior al grupo control, diferencia confirmada por la prueba t ($p < 0.001$). Asimismo, se registraron mejoras sustanciales en la motivación intrínseca y extrínseca, junto con altos niveles de participación en proyectos STEM. Los instrumentos demostraron alta confiabilidad, respaldando la solidez metodológica del estudio.

Tabla 1
Características Demográficas de la Muestra de Estudiantes (N = 120)

Variable	Categoría	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Sexo	Masculino	58	48.3
	Femenino	62	51.7
Edad (años)	16	35	29.2
	17	50	41.7
	18	35	29.2
Nivel Socioeconómico	Bajo	40	33.3
	Medio	65	54.2
	Alto	15	12.5

Nota. Edad expresada en años cumplidos. Nivel socioeconómico categorizado según criterios institucionales. *Fuente.* Elaboración propia de la investigación (2026).

Tabla 2
Resultados Promedio de la Prueba de Comprensión Matemática Pre y Post Intervención

Grupo	N	Media Pretest (puntos)	Desviación Estándar	Media Posttest (puntos)	Desviación Estándar	Diferencia Media (Post - Pre)
Experimental	60	58.4	8.7	75.2	7.9	16.8
Control	60	59.1	9.3	61.5	8.5	2.4

Nota. Puntajes obtenidos en una escala de 0 a 100 puntos en la prueba de comprensión matemática diseñada ad hoc. *Fuente.* Elaboración propia de la investigación (2026).

Tabla 3
Puntajes Promedio en Escala de Motivación Académica (EMA) Pre y Post Intervención

Dimensión de Motivación	Grupo	N	Media Pretest	Desviación Estándar	Media Posttest	Desviación Estándar	Cambio Promedio
Intrínseca	Experimental	60	3.2	0.6	4.1	0.5	+0.9
	Control	60	3.1	0.7	3.3	0.6	+0.2
Extrínseca	Experimental	60	2.8	0.5	3.6	0.6	+0.8
	Control	60	2.9	0.6	3.0	0.5	+0.1

Nota. La escala se basa en un rango de 1 (baja motivación) a 5 (alta motivación). *Fuente.* Elaboración propia de la investigación (2026).

Tabla 4
Distribución de Participación en Actividades Experimentales por Proyecto STEM

Proyecto STEM	Número de Sesiones	Porcentaje de Participación (%)	Observaciones Relevantes
Proyecto 1: Geometría y Física	6	92	Alta interacción durante experimentos
Proyecto 2: Estadística y Biología	5	88	Participación activa en análisis de datos
Proyecto 3: Cálculo y Tecnología	7	85	Uso de software para modelado matemático

Nota. Participación calculada como el porcentaje de asistencia y actividad efectiva en cada proyecto. *Fuente:* Elaboración propia de la investigación (2026).

Tabla 5

Resultados del Análisis Estadístico de Diferencias entre Grupos (t de Student) en Comprensión Matemática

Variable	t de Student	Grados de Libertad (df)	p-valor	Interpretación
Pretest Comprensión	0.42	118	0.67	No hay diferencia
Posttest Comprensión	9.83	118	<0.001	Diferencia significativa
Cambio en Comprensión	8.76	118	<0.001	Diferencia significativa

Nota. Nivel de significancia establecido en $\alpha = 0.05$. *Fuente.* Elaboración propia de la investigación (2026).

Tabla 6

Cronbach's Alpha para los Instrumentos Utilizados

Instrumento	Número de Ítems	Alfa de Cronbach	Interpretación
Prueba de Comprensión Matemática	25	0.87	Alta consistencia
Escala de Motivación Académica	20	0.83	Alta consistencia

Nota. Valores de alfa superiores a 0.80 indican alta confiabilidad interna. *Fuente.* Elaboración propia de la investigación (2026).

DISCUSIÓN

Los hallazgos revelan un gran efecto de usar proyectos STEM basados en equipo con experimentos prácticos para estimular e inspirar el interés de los estudiantes de bachillerato en las matemáticas. La Tabla 2 muestra que el grupo que probamos tuvo un gran salto en sus resultados de pruebas matemáticas, promediando 16,8 puntos. Pero el otro grupo sólo vio un pequeño bache de 2,4 puntos, lo que nos respalda y se alinea con investigaciones anteriores que muestran que aprender matemáticas en un entorno real ayuda a los estudiantes a obtener ideas matemáticas difíciles (Boaler, 2016; liao et al., 2020) La gran diferencia entre grupos ($p < 0,001$, Tabla 5) refuerza realmente estos hallazgos, demostrando que el enfoque utilizado es mejor que los métodos de enseñanza habituales.

La Tabla 3 revela un repunte notable en la motivación interna y externa para el grupo que recibió el tratamiento El impulso natural de aprender, provocado por curiosidad real, subió casi un punto completo en una escala 1-5,

Demostrar que mezclar temas no solo ayuda con las habilidades de pensamiento, sino que también te hace sentir mejor sobre matemáticas. Esta mejora en la motivación concuerda con lo planteado por Bybee (2013) y Wang et al. (2011) y su equipo sugirieron, El aprendizaje en los campos STEM realmente hace que los estudiantes se comprometan más y sigan sus estudios. Contrariamente a eso, el grupo de control apenas cambió, lo que realmente señala la necesidad de nuevas ideas sobre cómo enseñamos.

La elevada tasa de participación que se manifiesta en los proyectos (ver Cuadro 4) evidencia un contexto de aula propicio para una propuesta didáctica en la que están integrados estos elementos. La combinación de disciplinas de física, biología y tecnología permitió a los estudiantes ligar conceptos matemáticos a sucesos reales (Gallardo, 2013 y 2016), como se deriva del marco teórico constructivista y sociocultural del aprendizaje matemático (Vygotski, 1978; Dewey, 1938); por esta razón, este modelo del enseñar podría ser una vía para captar la interdisciplinaridad

en la enseñanza del currículo de matemática de Educación Bachillerato.

La fiabilidad de los instrumentos utilizados fue buena, con coeficientes alfa de Cronbach que superaban la barrera del 0.80 (Ver Tabla 6), lo que permite asegurar el consistente interior de las mediciones y la validez de los resultados. Dicha seriedad metodológica es necesaria para que este estudio sirva para dar fuerza a la replicabilidad de la investigación y validar la efectividad de las intervenciones educativas amparadas en proyectos STEM (Creswell & Creswell, 2018).

Este estudio se suma al campo al profundizar en cómo se utilizan los experimentos interdisciplinarios a nivel del Bachillerato, donde la literatura no ha despegado todavía (Stohlmann et al., 2012) pero no muchos se han centrado realmente en cómo aclarar los conceptos matemáticos mediante el uso de experimentos que se mezclan con otros temas. Esto amplía el alcance de la investigación y prepara el camino para futuros estudios para incluir más factores como la auto-creencia, habilidades analíticas y abordar cuestiones complejas.

Los resultados sugieren que los proyectos de diseño de pequeños espacios pueden ser una oportunidad prometedora para diseñar y evaluar ambientes de aprendizajes interdisciplinarios en torno a situaciones problema. Este tipo de contexto de aprendizaje puede favorecer la formación de docentes y estudiantes del campo del diseño. Además, puede ser un recurso pedagógico para la enseñanza entre disciplinas en general.

Este estudio indica que el enfoque de la enseñanza de las matemáticas se basa desempeño en proyectos STEM y se apoya en la experimentación interdisciplinaria para una estrategia de enseñanza eficaz con el fin de proporcionar el contexto adecuado para la matematización en la escuela secundaria. Esto se refleja en un rendimiento y una motivación favorable, y confirma la importancia y aplicación de la inversión de valores en la educación integral de los estudiantes. Se anima a la propuesta de estudios longitudinalmente continuos con una potencialidad para evaluar

la sostenibilidad de estos efectos, así como su posible transferencia a contextos culturales y educativos distintos.

CONCLUSIONES

Las evidencias que se ha recogido indican que la combinación de proyectos STEM con experiencias del mundo real es un buen modelo de enseñanza, ya que aumenta la comprensión matemática y el entusiasmo de los estudiantes de secundaria. La evidencia empírica apoya la idea de que la enseñanza activa favorece el rendimiento escolar y desarrolla una actitud favorable hacia el aprendizaje, lo que demuestra los beneficios de las metodologías de enseñanza socioculturales y constructivistas que estamos usando. Los hallazgos realmente nos llevan a replantear las formas habituales de enseñar matemáticas, buscando integrar en la práctica actividades creativas y aprendizajes transversales que las hagan más atractivas y eficaces.

La fiabilidad y la precisión de las herramientas que usamos también dan como resultado la buena base del estudio, una buena base metodológica para otros estudios similares. Los alumnos realmente trabajan en proyectos dado que están motivados por problemas del mundo real, ya que no se trata sólo de aprender cosas, sino que además les ayuda a construir una sólida base de conocimientos y habilidades clave que son necesarias para el mundo de hoy en día.

Este estudio señala algunos puntos que necesitan más trabajo. Así que, debido a la corta duración de la intervención, no podemos ver si los efectos se mantienen a largo plazo o cómo podrían afectar otras habilidades de aprendizaje, como abordar problemas difíciles o sentir confianza en las matemáticas. ya que sólo estamos mirando a la gente de la ciudad y un cierto grupo de estudiantes, significa que no podemos decir lo mismo para todos los demás. Debemos probar este estudio en otros lugares y con diferentes tipos de personas para ver si se mantiene.

La comunidad de investigación está ahora enfrentando el desafío de averiguar cómo tejer tecnología digital en proyectos STEM en

diferentes campos y ver cómo cambia la forma en que enseñamos matemáticas, Además de mirar cómo se sienten los profesores al respecto y cómo se están preparando para usar estos nuevos métodos Esta investigación se basará en lo que ya sabemos, añadiendo a nuestro entendimiento ADN ayudarnos a desarrollar métodos sólidos de enseñanza de matemáticas que puedan manejar los desafíos actuales y futuros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Educational Research Association. (2011). *Code of ethics*. <https://www.aera.net/About-AERA/Code-of-Ethics>
- Beers, S. Z. (2011). *21st century skills: Preparing students for their future*. STEM Education Coalition.
- Boaler, J. (2016). *Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching*. Jossey-Bass.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed.). McGraw-Hill.
- Israel, M., & Hay, I. (2006). *Research ethics for social scientists: Between ethical conduct and regulatory compliance*. SAGE Publications.
- Liao, Y.-C., Chen, C.-W., & Yeh, S.-C. (2020). Effects of interdisciplinary STEM integration on students' learning motivation and achievement. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00226-2>
- National Research Council. (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
- OECD. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33–40. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.33>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28–34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wang, H.-H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 2–13. <https://doi.org/10.5703/1288284314636>

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.



DERECHOS DE AUTOR

Paguay Asqui, P. E., Cepeda Miranda, E., Cepeda Yuquilema, E. D., Anilema Pilamunga, M., Quinte Guaranda, L. M., & Cepeda Miranda, M. B. (2026)



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0, que permite su uso sin restricciones, su distribución y reproducción por cualquier medio, siempre que no se haga con fines comerciales y el trabajo original sea fielmente citado.



El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en esta publicación es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la revista.