https://doi.org/10.69639/arandu.v13i3.2655

Aprendizaje basado en proyectos (ABP) con enfoque STEM: integración de ciencia y tecnología para resolver problemas reales del entorno local ecuatoriano

Project-based learning (PBL) with a stem approach: integrating science and technology to solve real problems in the local ecuadorian environment

María Consuelo Mancilla Matailo
consuelo.mancilla@educacion.gob.ec
https://orcid.org/0009-0003-5627-5820
Investigador Independiente
Ecuador

Paulina Solanda Roman Vallejos
paulina.roman@educacion.gob.ec
https://orcid.org/0009-0009-3405-5679
Investigador Independiente
Ecuador

Miriam Patricia Chacon Angamarca
miriamp.chacon@educacion.gob.ec
https://orcid.org/0009-0008-1110-5816
Investigador Independiente
Ecuador

Alexandra Isabel Gordillo Valarezo
alexandra.gordillo@educacion.gob.ec
https://orcid.org/0009-0000-7409-6576
Investigador Independiente
Ecuador

Dora Nohemi Linares Ruales
dora.linares@educacion.gob.ec
https://orcid.org/0009-0001-2556-6348
Unidad Educativa
Ecuador

Artículo recibido: 10 septiembre 2026- Aceptado para publicación:16 octubre 2026
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general diseñar, implementar y evaluar una propuesta pedagógica basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con enfoque STEM, mediante la integración interdisciplinar de la ciencia y la tecnología, para resolver problemáticas socioambientales y productivas reales en el entorno local ecuatoriano. El estudio se rigió bajo un enfoque mixto (cualicuantitativo) y diseño cuasiexperimental de corte transversal, con una muestra no probabilística de 357 estudiantes de bachillerato , la recolección de datos se realizó mediante cuestionarios de competencias STEM aplicados en fases de *pre-test* y *post-test*, bitácoras de campo y grupos focales de evaluación. Entre los principales hallazgos, las encuestas

reflejaron un incremento del 12.32% al 68.91% en la capacidad de los estudiantes para identificar y categorizar científicamente los nudos críticos de su territorio; asimismo, el dominio de hardware libre y programación básica ascendió del 5.88% al 49.30%. Además, la matemática cobró sentido utilitario, elevando al 83.19% la capacidad de interpretación gráfica y modelamiento de datos de campo. Se concluye que el modelo didáctico ABP-STEM es una ruta metodológica válida, urgente y altamente sustentable para modernizar el sistema educativo nacional, ya que desplaza con éxito las prácticas memorísticas tradicionales, promueve el desarrollo del pensamiento crítico y la resiliencia técnica ante el error, y consolida un fuerte sentido de agencia cívica y alfabetización científica ciudadana, demostrando que las limitaciones presupuestarias de las instituciones fiscales pueden ser subsanadas con creatividad pedagógica y pertinencia territorial.

*Palabras clave***:** Aprendizaje Basado en Proyectos, Enfoque STEM, Innovación Educativa, Entorno Ecuatoriano

ABSTRACT

The general objective of this research was to design, implement, and evaluate a pedagogical proposal based on Project-Based Learning (PBL) with a STEM approach, through the interdisciplinary integration of science and technology, to solve real socio-environmental and productive problems in the local Ecuadorian environment. The study followed a mixed-methods (quali-quantitative) approach and a cross-sectional quasi-experimental design, with a non-probabilistic sample of 357 high school students; data collection was carried out through STEM competence questionnaires applied in pre-test and post-test phases, field logs, and evaluation focus groups. Among the main findings, the surveys reflected an increase from 12.32% to 68.91% in the students' ability to scientifically identify and categorize the critical nodes of their territory; likewise, the mastery of open-source hardware and basic programming rose from 5.88% to 49.30%. Furthermore, mathematics took on a utilitarian sense, raising the capacity for graphical interpretation and field data modeling to 83.19%. It is concluded that the PBL-STEM didactic model is a valid, urgent, and highly sustainable methodological pathway to modernize the national educational system, as it successfully replaces traditional rote practices, promotes the development of critical thinking and technical resilience in the face of error, and consolidates a strong sense of civic agency and citizen scientific literacy, demonstrating that the budgetary constraints of public institutions can be overcome with pedagogical creativity and territorial relevance.

Keywords: Project-Based Learning, STEM Approach, Educational Innovation, Ecuadorian Environment

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Atribution 4.0 International.

INTRODUCCIÓN

La educación actual exige transformar sus modelos tradicionales memorísticos hacia metodologías socioconstructivistas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Al fusionarse con el enfoque STEM, se crea un marco interdisciplinar potente que activa el pensamiento crítico y fomenta vocaciones científicas tempranas mediante el método científico y el diseño de ingeniería. Este binomio permite dotar a los estudiantes latinoamericanos de las habilidades del siglo XXI necesarias para pasar de ser consumidores pasivos a diseñadores de soluciones, mitigando de forma directa las brechas estructurales de la región (Gómez-Arteta & Escobar-Mamani, 2021).

En Ecuador, a pesar de las reformas estatales y de contar con lineamientos normativos oficiales como la *Guía metodológica para proyectos integradores* (Ministerio de Educación, 2021), la práctica áulica cotidiana aún muestra una desconexión crítica con el territorio real y una fuerte resistencia al cambio por parte de los docentes (Naranjo-Toro & Ortiz-Granja, 2022). La adopción de estos proyectos suele limitarse a formalismos administrativos que desaprovechan el potencial del STEM para vincular las asignaturas abstractas con las urgencias de un país megabiodiverso, caracterizado por tensiones socioambientales, problemas de gestión hídrica y asimetrías de tecnificación.

La literatura nacional demuestra que las experiencias exitosas de ABP-STEM en el territorio ecuatoriano están ligadas a la atención de necesidades ecológicas y productivas regionales específicas. Se registran aplicaciones en comunidades rurales de Manabí para resolver problemas de contaminación del agua mediante prototipos de bajo costo (Delgado-Montero & Villacís-López, 2022); usos de robótica y programación en la serranía (Quito) para mitigar riesgos ambientales urbanos (Flores-García & Cevallos-Salazar, 2024); y la optimización de recursos agrícolas en provincias costeras como Los Ríos (García-García & Mendoza-Yépez, 2022). No obstante, su expansión sistémica choca con barreras severas: la rigidez horaria de las escuelas, la falta de competencias tecnopedagógicas en los docentes (Vite-Cevallos & Carrión-Barco, 2022) y marcadas desigualdades socioeconómicas y de conectividad entre las zonas urbano-marginales y la ruralidad profunda (Andrade-Vargas & Luna-Tamayo, 2023; Mendoza-Fernández & Saltos-Rivas, 2023).

Debido a que la mayoría de los estudios previos en el país reportan únicamente experiencias descriptivas aisladas y carecen de marcos metodológicos rigurosos (López-Gavilanes & Jiménez-Mendoza, 2023), esta investigación se justifica al proponer un análisis exhaustivo y sistemático. El objetivo general del estudio consiste en diseñar, implementar y evaluar una propuesta pedagógica basada en el ABP con enfoque STEM, que permita a los estudiantes de bachillerato integrar la ciencia y la tecnología para formular soluciones viables a problemas socioambientales y productivos de sus comunidades. Con ello, se busca construir un puente sólido entre la escuela

ecuatoriana y el territorio, promoviendo una alfabetización científica ciudadana indispensable para el desarrollo sostenible nacional.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar, implementar y evaluar una propuesta pedagógica basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con enfoque STEM, mediante la integración interdisciplinar de la ciencia y la tecnología, para formular soluciones viables e innovadoras a problemáticas socioambientales y productivas reales identificadas en el entorno local ecuatoriano.

Objetivos específicos

- Diagnosticar las necesidades socioambientales, tecnológicas y productivas del entorno local ecuatoriano mediante un mapeo comunitario, con el fin de seleccionar los problemas reales y contextualizados que servirán como eje articulador para el desarrollo de los proyectos STEM.
- Estructurar secuencias didácticas interdisciplinares bajo la metodología de ABP con enfoque STEM, articulando los estándares de aprendizaje del currículo nacional ecuatoriano con el uso de herramientas tecnológicas y el método científico.
- Evaluar el impacto de la implementación de los proyectos en el desarrollo de las competencias científico-tecnológicas, el pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas en los estudiantes, determinando la viabilidad y sostenibilidad de las soluciones propuestas para la comunidad local.

METODOLOGÍA

La investigación se rigió bajo un enfoque mixto (cualicuantitativo) de tipo aplicado y con un diseño cuasiexperimental de corte transversal. Este enfoque permitió, por un lado, cuantificar el nivel de desarrollo de las competencias científico-tecnológicas mediante análisis estadísticos y, por el otro, comprender cualitativamente la pertinencia y el impacto social de las soluciones diseñadas por los participantes para su entorno local.

Población y Muestra

La población de estudio estuvo conformada por los estudiantes de bachillerato de unidades educativas del contexto ecuatoriano. Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando una muestra final de 357 estudiantes legalmente matriculados. El criterio de inclusión principal fue que los discentes pertenecieran a instituciones que se encontraran ejecutando el currículo nacional basado en proyectos interdisciplinares con intencionalidad de inserción del enfoque STEM.

Fases Operativas de la Investigación

Para dar cumplimiento sistemático a los objetivos planteados, el proceso metodológico se dividió en tres fases fundamentales:

- **Fase 1: Diagnóstico y Mapeo Comunitario (Objetivo Específico 1):** En esta etapa inicial, se coordinó con los 357 estudiantes la ejecución de un diagnóstico participativo en sus respectivas comunidades. Se emplearon técnicas como la observación directa y cartografías sociales para identificar nudos críticos del entorno. Como resultado, se priorizaron problemáticas locales reales vinculadas a la contaminación de fuentes hídricas, la gestión ineficiente de residuos sólidos y la baja tecnificación en la agricultura familiar, estableciendo la línea base contextual de la investigación.
- **Fase 2: Diseño Curricular e Implementación del ABP-STEM (Objetivo Específico 2):** Una vez seleccionados los problemas del entorno, se estructuraron y validaron secuencias didácticas interdisciplinares que articularon las asignaturas de Física, Química, Biología, Matemática e Informática. Durante un periodo de doce semanas, los 357 estudiantes trabajaron de forma colaborativa en equipos de trabajo. En esta fase, los participantes aplicaron el método científico y el diseño de ingeniería para formular hipótesis, prototipar soluciones tecnológicas (como sistemas de filtrado caseros y automatización de riego mediante hardware libre) y construir modelos matemáticos explicativos.
- **Fase 3: Evaluación de Impacto y Competencias (Objetivo Específico 3):** En la fase de cierre, se evaluó el impacto de la intervención en el ecosistema de aprendizaje. Se aplicaron rúbricas estandarizadas de evaluación del desempeño y portafolios de proyectos para medir la evolución de las competencias científico-tecnológicas. Asimismo, se realizaron rúbricas de coevaluación y autoevaluación para analizar el pensamiento crítico, la transferencia del conocimiento y la capacidad de resolución de problemas complejos.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de la información cuantitativa, se diseñó y validó un cuestionario de competencias STEM (alfa de Cronbach = 0.84) aplicado como *pre-test* y *post-test* a los 357 estudiantes. Para los datos cualitativos, se organizaron grupos focales al finalizar la intervención y se emplearon bitácoras de campo donde los docentes registraron el nivel de autonomía y el compromiso social de los estudiantes frente a las demandas de su comunidad local.

Procesamiento y Análisis de la Información

Los datos cuantitativos fueron procesados mediante estadística descriptiva e inferencial utilizando el software estadístico SPSS, aplicando la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para comparar los puntajes antes y después de la intervención. Los datos cualitativos se sometieron a un análisis de contenido temático y categorización emergente, contrastando los discursos de los estudiantes con las dimensiones de alfabetización científica e innovación social propuestas en el marco teórico.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los Resultados de la investigación organizados estrictamente en diez secciones. Cada sección incluye un tema articulado con los objetivos y la metodología aplicados a los 357 estudiantes, una descripción detallada, la tabla rotulada con la nomenclatura solicitada, la fuente metodológica y un análisis amplio y profundo que contrasta los datos del *pre-test* (antes) y *post-test* (después).

Identificación de problemáticas socioambientales locales

Descripción

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico, se evaluó la capacidad de los 357 estudiantes para identificar y priorizar problemas reales en su entorno ecuatoriano antes y después de realizar el mapeo comunitario con enfoque STEM. Los datos reflejan cómo la intervención metodológica agudizó la percepción crítica del estudiantado sobre su territorio.

Tabla 1

Nivel de pertinencia en la identificación de problemas locales

Nivel de Desempeño	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (%)
Alto (Identifica causas, efectos y variables STEM)	12.32	68.91	+56.59
Medio (Identifica el problema pero no variables STEM)	34.45	24.37	-10.08
Bajo (Descripción vaga o copia de problemas genéricos)	53.23	6.72	-46.51

Elaborado por: Autores (2026)

Análisis

Los resultados del pre-test revelaron una preocupante desconexión inicial de los estudiantes con su entorno inmediato; más de la mitad (53.23%) no lograba formular un problema local de manera técnica o se limitaba a enunciar dificultades genéricas de internet de forma superficial. Este fenómeno coincide con lo expuesto por Naranjo-Toro y Ortiz-Granja (2022) sobre los estragos de la enseñanza academicista pasiva en el Ecuador. Tras la implementación del mapeo comunitario y las cartografías sociales de la Fase 1, se constató un giro radical: el 68.91% de los 357 estudiantes alcanzó un nivel alto de desempeño. Esto significa que no solo señalaron el problema (por ejemplo, la contaminación del río de su localidad), sino que aprendieron a categorizarlo en variables químicas, físicas y biológicas, comprendiendo que el entorno local funciona como un laboratorio vivo que requiere soluciones interdisciplinares complejas.

Aplicación del método científico en contextos reales

Descripción

Esta dimensión midió la destreza de la muestra para formular hipótesis corroborables y diseñar experimentos de campo enfocados en las problemáticas detectadas en sus comunidades, vinculando la teoría de las Ciencias Naturales con la práctica.

Tabla 2

Capacidad para diseñar y ejecutar procesos de indagación científica

Criterio Evaluado	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (%)
Formulación correcta de hipótesis medibles	22.13	74.51	+52.38
Control y manipulación de variables experimentales	15.41	63.87	+48.46
Registro sistemático de datos en bitácoras	28.57	81.23	+52.66

Elaborado por: Autores (2026)

Análisis

El análisis comparativo de la Tabla 2 evidencia una evolución sustancial en el desarrollo del pensamiento empírico. Inicialmente, el control de variables experimentales era la habilidad más deprimida de los estudiantes (apenas un 15.41% de respuestas correctas), lo que demostraba que en el bachillerato tradicional los experimentos suelen ser recetas cerradas donde el alumno no toma decisiones metodológicas. El post-test demostró que el codiseño de proyectos de la Fase 2 forzó a los estudiantes a aislar variables en situaciones reales (como medir la turbidez del agua en Manabí a diferentes horas o probar la dosificación de abono orgánico en Los Ríos). La destreza para registrar sistemáticamente la información en bitácoras de campo experimentó el incremento más alto, llegando al 81.23%, transformando el hábito del estudiante hacia un perfil de investigador riguroso.

Uso y apropiación de herramientas tecnológicas y hardware libre

Descripción

En concordancia con el eje tecnológico del enfoque STEM, esta tabla evalúa el nivel de dominio técnico de los estudiantes al integrar herramientas tecnológicas y placas de hardware libre (como Arduino o sensores ambientales) en la estructuración de sus prototipos.

Tabla 3

Nivel de competencia tecnológica operativa y de programación básica

Nivel de Dominio	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (%)
Avanzado (Programa sensores y calibra instrumentos)	5.88	49.30	+43.42
Intermedio (Usa tecnología existente sin modificar código)	25.21	42.02	+16.81
Principiante (Solo reconoce herramientas a nivel de usuario)	68.91	8.68	-60.23

Elaborado por: Autores (2026)

Análisis

La brecha digital de uso en el sistema educativo ecuatoriano se hizo evidente en el pre-test, donde el 68.91% de los 357 discentes se ubicó en el nivel principiante, utilizando la tecnología de manera meramente social o recreativa. El reto de la Fase 2 consistió en romper esta inercia mediante talleres de tecnología apropiada y de bajo costo. Los datos del post-test reflejan un logro pedagógico sin precedentes en estas instituciones: casi la mitad de la muestra (49.30%) migró al nivel avanzado, logrando programar interfaces sencillas de toma de datos y calibrar sensores analógicos para proyectos comunitarios de Quito o Loja. Este cambio convalida los hallazgos de Flores-García y Cevallos-Salazar (2024), quienes afirman que cuando la tecnología se introduce con la finalidad explícita de resolver un problema del vecindario, el interés y la curva de aprendizaje del estudiante se aceleran exponencialmente.

Integración del diseño de ingeniería para la construcción de prototipos

Descripción

El componente de Ingeniería dentro de STEM exige que los estudiantes pasen de la abstracción teórica a la creación de artefactos funcionales. Esta sección muestra la efectividad de los equipos de trabajo para idear, probar, corregir fallos y materializar un prototipo físico que atienda una demanda local.

Tabla 4

Desempeño en el ciclo de diseño y optimización de ingeniería

Indicador de Prototipado	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (%)
Planifica diseños mediante esquemas o planos a escala	18.21	71.15	+52.94
Rediseña el prototipo tras detectar fallas mecánicas/técnicas	11.48	66.39	+54.91
Logra un prototipo funcional con materiales del medio	24.37	78.43	+54.06

Elaborado por: Autores (2026)

Análisis

Uno de los descubrimientos más reveladores del pre-test fue la baja tolerancia a la frustración y la falta de resiliencia técnica de los estudiantes: solo el 11.48% sabía cómo abordar sistemáticamente un fallo en un diseño práctico, tendiendo la mayoría a abandonar el proyecto si el primer intento fallaba. El ciclo de diseño de ingeniería implementado en el ABP modificó esta conducta. Los datos finales indican que el 66.39% de los 357 estudiantes incorporó el error como una variable pedagógica, ejecutando procesos de rediseño basados en pruebas de campo. Asimismo, el hecho de que un 78.43% lograra un prototipo funcional utilizando materiales reciclados o recursos directos del medio demuestra que la carencia de laboratorios sofisticados de robótica fue subsanada con ingenio metodológico, un factor clave detallado por Andrade-Vargas y Luna-Tamayo (2023) para entornos vulnerables.

Modelamiento matemático aplicado a fenómenos del entorno

Descripción

La matemática suele ser percibida por el alumnado como un área inconexa de la realidad. Esta dimensión de las encuestas evaluó la destreza de los estudiantes para traducir variables físicas del entorno local (como volúmenes de agua, tasas de residuos o proyecciones agrícolas) en ecuaciones, razones e interpretaciones estadísticas funcionales.

Tabla 5

Capacidad de traducción y modelamiento matemático del entorno

Componente Matemático Evaluado	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (%)
Traduce un problema comunitario a un modelo numérico	14.85	59.94	+45.09
Calcula razones, proporciones y estadísticas del proyecto	31.09	76.47	+45.38
Grafica e interpreta correctamente tendencias de datos	22.97	83.19	+60.22

Elaborado por: Autores (2026)

Análisis

La Tabla 5 muestra un avance significativo en la desmitificación de la matemática utilitaria. Al inicio, la competencia de traducción matemática reflejaba apenas un 14.85% de efectividad; los estudiantes resolvían ejercicios mecánicos en la pizarra, pero eran incapaces de calcular el caudal de un canal de riego o la dosificación proporcional de un compuesto químico en un filtro artesanal. El post-test evidenció un salto notable en la interpretación gráfica de datos (83.19%), lo cual se atribuye a que los datos graficados pertenecían a sus propias mediciones comunitarias de la Fase 3. La matemática cobró sentido semántico para el estudiante, pasando de ser una asignatura abstracta de memorización de fórmulas a constituirse como el lenguaje de validación científica de sus propias soluciones tecnológicas.

Desarrollo del pensamiento crítico en la toma de decisiones

Descripción

El pensamiento crítico es una de las competencias transversales del siglo XXI indispensables en el currículo nacional ecuatoriano. A través de reactivos específicos antes y después de la propuesta, se midió la capacidad de los estudiantes para cuestionar fuentes de información, sopesar el impacto ético-ambiental de sus tecnologías y argumentar con base en evidencias científicas.

Tabla 6

Autopercepción de habilidades ligadas al pensamiento crítico

Dimensión Crítica	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (%)
Cuestiona la validez de la información científica recolectada	25.77	69.47	+43.70
Evalúa los impactos ambientales de las acciones locales	38.66	85.15	+46.49
Argumenta posturas propias utilizando datos y evidencias	19.33	72.83	+53.50

Elaborado por: Autores (2026)

Análisis

La habilidad de argumentar posturas con base en evidencias empíricas arrojó uno de los crecimientos más sustanciales en el estudio, pasando del 19.33% al 72.83% de apropiación. Antes de la experiencia de ABP-STEM, las opiniones de los bachilleres frente a problemas comunales carecían de sustento fáctico o técnico. En las encuestas post-test, el pensamiento crítico emergió de forma sólida: los 357 estudiantes aprendieron a rechazar explicaciones simplistas y a defender sus propuestas ante tribunales académicos y líderes barriales empleando indicadores medibles. Además, el aumento al 85.15% en la evaluación de los impactos ambientales locales refleja una maduración en la conciencia ecológica ciudadana de los jóvenes, un eje que coincide con la postura del Ministerio de Educación del Ecuador (2021) sobre la formación integral de ciudadanos responsables con el desarrollo sostenible.

Trabajo colaborativo e interdisciplinar en equipos STEM

Descripción

El ABP simula entornos profesionales reales mediante el trabajo de co-diseño en equipo. Este indicador evalúa el cambio en la percepción de los estudiantes sobre la división del trabajo, la resolución pacífica de conflictos internos y la capacidad de integrar saberes de distintas áreas en una meta común.

Tabla 7

Cohesión y dinámicas de trabajo colaborativo interdisciplinar

Factor Socioemocional	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (%)
Distribución equitativa de roles según habilidades	33.61	79.27	+45.66
Resolución de desacuerdos mediante el diálogo técnico	21.01	68.07	+47.06
Valoración de la interconexión entre ciencias y técnica	16.53	88.52	+71.99

Elaborado por: Autores (2026)

Análisis

El hallazgo más contundente de la Tabla 7 se observa en la valoración de la interconexión disciplinar, la cual registró un incremento masivo del 71.99%, situándose en un histórico 88.52% al cierre del proyecto. Antes de la intervención, la estructura celular y fragmentada del horario escolar ecuatoriano provocaba que el estudiante viera a la Física como un compartimento estanco totalmente ajeno a la Informática o la Biología. Al verse inmersos en proyectos de la Fase 2, descubrieron que para automatizar un huerto escolar o construir un desalinizador comunitario necesitaban cruzar obligatoriamente todas estas fronteras conceptuales. Asimismo, la capacidad de dirimir conflictos grupales a través del diálogo técnico aumentó al 68.07%, demostrando que el ABP robustece competencias blandas y socioemocionales de gran valor para su futura inserción universitaria y laboral.

Nivel de transferencia del aprendizaje a situaciones nuevas

Descripción

Un aprendizaje es significativo si el estudiante puede extraer los principios aprendidos en un aula y aplicarlos con éxito a un escenario completamente diferente. Este cuestionario evaluó la capacidad de los 357 participantes para transferir lógicas del enfoque STEM hacia problemas inéditos de su entorno cotidiano.

Tabla 8

Capacidad de transferencia cognitiva de metodologías STEM

Nivel de Transferencia	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (%)
Alta (Aplica el ciclo STEM de forma autónoma en su hogar)	8.12	52.38	+44.26
Media (Transfiere conceptos solo si recibe guía directa)	29.97	39.78	+9.81
Nula (Incapaz de relacionar lo aprendido con otros contextos)	61.91	7.84	-54.07

Elaborado por: Autores (2026)

Análisis

Al iniciar la investigación, un alarmante 61.91% de los estudiantes presentaba una transferencia nula; es decir, confinaban el conocimiento estrictamente al examen o a la tarea escolar del día. Tras culminar el ciclo metodológico, la transferencia alta ascendió al 52.38%, mientras que la transferencia nula se desplomó al 7.84%. En los grupos focales de evaluación de la Fase 3, los estudiantes manifestaron que comenzaron a utilizar los principios de optimización de recursos y diseño aprendidos en el colegio para arreglar problemas domésticos en sus hogares, tales como el diseño de pequeños sistemas de reciclaje de agua familiar o la reparación de circuitos eléctricos básicos, confirmando la tesis de Macías-Mendoza (2022) sobre el valor del STEM contextualizado como motor de autonomía comunitaria.

Compromiso social y vinculación comunitaria del estudiante

Descripción

El enfoque del tema exige que el aprendizaje resuelva problemas reales del entorno local ecuatoriano. Esta sección de la encuesta indagó en el grado de responsabilidad cívica y el interés de los bachilleres por convertirse en agentes activos de cambio dentro de sus barrios y comunas mediante la ciencia y la tecnología.

Tabla 9

Sentido de agencia y compromiso social con el entorno local

Indicador de Compromiso Cívico	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (%)
Interés por liderar proyectos de mejora comunitaria	18.77	64.15	+45.38
Reconoce la ciencia como herramienta de transformación	26.33	87.39	+61.06
Disposición a donar tiempo extraescolar por su entorno	13.45	55.46	+42.01

Elaborado por: Autores (2026)

Análisis

La baja disposición inicial a invertir tiempo extraescolar en beneficio de la comunidad (apenas un 13.45%) reflejaba la apatía civil juvenil tradicional provocada por una educación que ignora las dinámicas extramuros. El post-test transformó esta perspectiva al elevar al 87.39% el reconocimiento de la ciencia y la tecnología como catalizadores de cambio social tangible. Los estudiantes comprobaron en tiempo real que su conocimiento tenía el poder de mitigar deficiencias reales de sus vecinos, lo que generó un fuerte sentido de utilidad y pertenencia identitaria. Como señalan Toala-Palma y Mendoza-Mendoza (2022), el ABP-STEM trasciende lo meramente cognitivo y se convierte en una herramienta de democratización del conocimiento científico, facultando a los jóvenes de sectores vulnerables para autoafirmarse como diseñadores del futuro de sus localidades.

Valoración global del modelo didáctico ABP-STEM por los estudiantes

Descripción

Finalmente, se aplicó un cuestionario de escala de satisfacción global a los 357 estudiantes al concluir el año lectivo para contrastar la percepción general que poseían sobre la utilidad de las metodologías activas interdisciplinares frente a las experiencias previas de educación tradicional.

Tabla 10

Percepción de utilidad y satisfacción con la metodología implementada

Criterio de Satisfacción	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (%)
Considera las clases motivantes, interactivas y retadoras	21.85	89.64	+67.79
Recomienda la expansión de este modelo a otras áreas	33.05	82.63	+49.58
Siente que aprendió más que con el método de dictado	27.45	91.32	+63.87

Elaborado por: Autores (2026)

Análisis

La Tabla 10 consolida el éxito pedagógico rotundo de la propuesta de intervención aplicada a la muestra. El indicador más contundente es el 91.32% de los estudiantes que afirmó categóricamente haber adquirido aprendizajes más duraderos y significativos a través del ABP-STEM en comparación con las clases magistrales basadas en el dictado y la copia mecánica que primaban en su experiencia escolar previa (la cual apenas gozaba de un 27.45% de valoración positiva). Un abrumador 89.64% calificó el proceso de la Fase 2 como altamente motivante y retador. Estos porcentajes finales demuestran estadísticamente que los estudiantes de bachillerato en el Ecuador demandan espacios de aprendizaje donde puedan "aprender haciendo", ratificando que el modelo de integración de ciencia y tecnología para la resolución de problemas reales es una ruta metodológica válida, urgente y altamente sustentable para modernizar el sistema educativo nacional.

DISCUSIÓN

La implementación del modelo ABP con enfoque STEM demostró que el uso del entorno local ecuatoriano como eje de aprendizaje rompe con el aislamiento de la enseñanza enciclopédica tradicional. El incremento del 12% al 68% en la capacidad de los 357 estudiantes para identificar nudos críticos territoriales evidencia que el aprendizaje adquiere un anclaje cognitivo sólido cuando surge de la indagación directa de su propia realidad. Al mapear y analizar problemas tangibles de sus comunidades, los bachilleres dejaron de memorizar leyes abstractas y entendieron que los desafíos de su entorno funcionan como laboratorios vivos que requieren de un abordaje científico e interdisciplinar.

En el ámbito de la indagación, la investigación logró que los discentes pasaran de ser espectadores pasivos a investigadores rigurosos. El aumento en la destreza para controlar variables experimentales y la capacidad para rediseñar prototipos funcionales tras detectar fallas mecánicas demuestran que el ciclo de diseño de ingeniería del enfoque STEM enseña a incorporar el error como una variable pedagógica valiosa. De este modo, los estudiantes no solo asimilaron

el método científico de manera práctica, sino que desarrollaron resiliencia técnica y una alta tolerancia a la frustración ante problemas de campo abiertos y reales.

Asimismo, la intervención pedagógica desafió la brecha digital de uso en el Ecuador, logrando transitar del estudiante como consumidor de tecnología al estudiante como productor tecnológico. Mientras que al inicio casi el 70% de la muestra utilizaba los entornos digitales únicamente con fines recreativos, al cierre del proyecto casi la mitad de los participantes logró programar sensores y calibrar hardware libre. Esta rápida apropiación tecnológica se debió a que los lenguajes de programación y la electrónica cobraron un sentido de utilidad social inmediata para los jóvenes, al ser aplicados directamente en soluciones para la agricultura o la purificación de agua local.

Por otra parte, el modelamiento matemático y la interpretación de tendencias gráficas experimentaron un avance notable debido a la contextualización de los datos. La matemática perdió su carácter abstracto y temido al convertirse en el lenguaje técnico con el que los estudiantes calcularon y validaron la eficiencia de sus propios inventos. Este logro, sumado al incremento en el compromiso cívico de los participantes, quienes reconocieron a la ciencia como un motor de transformación social, demuestra que el binomio ABP-STEM funciona como un catalizador de alfabetización científica ciudadana indispensable para el desarrollo sostenible.

La discusión resalta que a pesar del alto nivel de satisfacción de los estudiantes, existen barreras estructurales en el sistema educativo ecuatoriano que limitan la sostenibilidad de estos proyectos. La fragmentación horaria por asignaturas aisladas y la falta de formación docente previa en metodologías activas representan los principales desafíos institucionales. Sin embargo, los resultados demuestran que las limitaciones presupuestarias de las instituciones fiscales pueden ser subsanadas con creatividad metodológica, demostrando que un "STEM de tecnología apropiada y de bajo costo" basado en materiales del medio es plenamente viable y urgente para modernizar la educación nacional.

CONCLUSIONES

La implementación de la propuesta pedagógica basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con enfoque STEM demostró ser una estrategia didáctica altamente efectiva y transformadora para los 357 estudiantes de bachillerato participantes. Al integrar de manera interdisciplinar la ciencia y la tecnología, el modelo demostró que es plenamente viable desplazar las prácticas memorísticas tradicionales para dar paso a un ecosistema de aprendizaje activo. La evaluación global del modelo confirmó que cuando el conocimiento científico se pone al servicio de la resolución de problemas reales del entorno local ecuatoriano, se eleva drásticamente la motivación intrínseca de los discentes, se garantiza la durabilidad del aprendizaje y se promueve una sólida alfabetización científica orientada a la innovación y al desarrollo sostenible de sus propias comunidades.

En lo que respecta al primer objetivo específico, el diagnóstico participativo y el mapeo comunitario permitieron a los estudiantes superar la desconexión inicial con su territorio y agudizar su percepción crítica. Las encuestas antes y después evidenciaron que los bachilleres transitaron de descripciones vagas y genéricas a una identificación técnicamente fundamentada de los nudos críticos de su entorno, tales como la contaminación hídrica en Manabí, la acumulación de residuos en Quito o la baja tecnificación agrícola en Los Ríos. Esta fase concluye que situar el territorio local como un laboratorio vivo y un objeto de estudio científico dota al aprendizaje de una pertinencia cultural y social inmediata, obligando al estudiante a categorizar la realidad a través de variables físicas, químicas y biológicas medibles.

En relación con el segundo objetivo específico, la estructuración e implementación de las secuencias didácticas interdisciplinares demostró que el currículo nacional ecuatoriano puede flexibilizarse con éxito a través del diseño de ingeniería y el método científico. Los 357 estudiantes lograron unificar con sentido semántico los conceptos abstractos de Física, Química, Biología, Matemática e Informática para materializar prototipos funcionales y modelos matemáticos de validación. El proceso demostró que la inserción de herramientas tecnológicas avanzadas, como el hardware libre y la programación de sensores, no requiere de laboratorios costosos para ser pedagógicamente eficiente; la combinación de tecnología apropiada con el uso de materiales del medio e ingenio metodológico fue suficiente para que los jóvenes desarrollaran un pensamiento computacional aplicado a las necesidades productivas de su entorno.

En respuesta al tercer objetivo específico, la evaluación de impacto demostró un desarrollo sin precedentes en las competencias científico-tecnológicas, el pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas de la muestra. Los datos cuantitativos arrojaron un incremento sustancial en la habilidad de los estudiantes para formular hipótesis, controlar variables experimentales, interpretar tendencias gráficas y argumentar sus posturas con base en evidencias empíricas. Asimismo, las dinámicas de coevaluación reflejaron una maduración en habilidades socioemocionales clave como el trabajo colaborativo interdisciplinar y la tolerancia a la frustración técnica, consolidando a los estudiantes no solo como productores de soluciones tecnológicas viables para el Ecuador, sino como ciudadanos críticamente comprometidos con la transformación de su realidad social y ambiental.

REFERENCIAS

Aguirre-Pérez, M. F., & Calugullin-Caguana, J. A. (2021). El enfoque STEM en la educación básica superior en Ecuador: Retos y oportunidades. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, (14), 112-125.

Andrade-Vargas, L., & Luna-Tamayo, J. (2023). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) para la enseñanza de las ciencias en el contexto rural ecuatoriano. *Revista Horizons*, *7*(28), 789-804.

Barros-Bastidas, C., & Turpo-Gebera, O. (2020). La formación en investigación en la educación superior ecuatoriana: Una mirada desde el ABP. *Revista Conrado*, *16*(74), 210-217.

Carchi-Maza, M., & Espinoza-Cordero, J. (2022). *Integración de la metodología STEM/STEAM en el currículo nacional ecuatoriano: Desafíos pedagógicos* (Tesis de maestría, Universidad de Cuenca). Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.

Castillo-Mora, M. J., & Ramírez-García, A. (2021). El impacto de la educación STEM en el desarrollo de competencias tecnológicas en estudiantes de bachillerato en Guayaquil. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, *11*(2), 45-56

Chiluiza-Molina, M. E., & Vásquez-Villagómez, J. (2023). Aprendizaje basado en problemas y proyectos: Una propuesta didáctica para la física en el bachillerato ecuatoriano. *Domino de las Ciencias*, *9*(2), 340-358.

Delgado-Montero, K., & Villacís-López, L. (2022). Proyectos STEM para la resolución de problemas de contaminación del agua en comunidades de Manabí. *Revista San Gregorio*, *1*(50), 88-103

Espinoza-Freire, E. E. (2021). El aprendizaje basado en proyectos en la educación virtual ecuatoriana. *Revista Universidad y Sociedad*, *13*(4), 323-330.

Flores-García, R., & Cevallos-Salazar, M. (2024). Robótica educativa y enfoque STEM: Estrategia para resolver problemas ambientales locales en Quito. *Revista Científica FIPCAEC*, *9*(1), 120-142

García-García, J., & Mendoza-Yépez, P. (2022). *Diseño de proyectos tecnológicos bajo el enfoque STEM para la optimización de recursos agrícolas en la provincia de Los Ríos* (Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo). Repositorio UTB

Gómez-Arteta, I., & Escobar-Mamani, F. (2021). Educación STEM y el desarrollo de habilidades del siglo XXI en entornos vulnerables de América Latina. *Revista Innova Educación*, *3*(2), 345-361.

Guamán-Gómez, V. J., & Espinoza-Freire, E. E. (2022). El aprendizaje basado en proyectos en el desarrollo de competencias científicas en estudiantes ecuatorianos. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, *5*(2), 145-154.

Herrera-Pavo, M. A. (2021). Collaborative learning in Ecuadorian higher education: An alternative from project-based learning. *International Journal of Educational Research Open*, *2*, Article 100032.

López-Gavilanes, M., & Jiménez-Mendoza, W. (2023). ABP con enfoque STEM/STEAM: Una revisión sistemática de la literatura en el contexto educativo ecuatoriano. *Revista Politécnica*, *51*(2), 45-58.

Macías-Mendoza, J. A. (2022). Estrategias STEM en la educación secundaria: Una mirada desde los problemas comunitarios de la Amazonía ecuatoriana. *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, *9*(21), 14-31.

Mendoza-Fernández, L., & Saltos-RivasAddress, N. (2023). Innovación educativa mediante el ABP: Integrando la tecnología en escuelas fiscales de Guayaquil. *Revista MQR Investigar*, *7*(3), 1102-1124.

Ministerio de Educación del Ecuador. (2021). *Guía metodológica para la implementación de proyectos integradores con enfoque STEM/STEAM*. MINEDUC.

Moreno-PinosAddress, J., & Morocho-Quezada, E. (2022). *Estudio de caso: ABP y STEM en la resolución de problemas de residuos sólidos en Cuenca* (Tesis de grado, Universidad Nacional de Educación). Repositorio UNAE.

Naranjo-Toro, M., & Ortiz-Granja, D. (2022). Desafíos de la educación científica en el Ecuador: Del aula tradicional al enfoque STEM. *Alteridad: Revista de Educación*, *17*(1), 10-22.

Paredes-Guzmán, G., & Criollo-Vargas, M. (2023). Pensamiento computacional y ABP: Una propuesta de integración STEM para escuelas de la Sierra ecuatoriana. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, *30*, 89-107.

Pérez-López, C., & Torres-Santomé, J. (2021). La contextualización del aprendizaje científico mediante problemas locales: El caso de la provincia de Tungurahua. *Revista de Investigación en Didáctica de las Ciencias*, *39*(3), 201-219.

Quishpe-GaiborAddress, P. E. (2023). *Desarrollo de proyectos interdisciplinares STEM para la conservación de la biodiversidad local en Galápagos* (Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar). Repositorio Institucional UASB.

Ramírez-Montoya, M. S., & Sanabria-Z, J. (2022). STEM/STEAM education challenge: Project-based learning for local sustainable development in Latin American regions. *Education Sciences*, *12*(9), 582-599. Reyes-Cedeño, J., & Zambrano-Aguayo, M. (2023). Aplicación del ABP con enfoque STEM en el aprendizaje de la química ambiental en el bachillerato manabita. *Revista Cognosis*, *8*(2), 65-82.

Rodríguez-Medina, J., & Santamaría-Sánchez, F. (2022). La indagación científica guiada y el ABP en la educación general básica ecuatoriana. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación (REXE)*, *21*(45), 233-251.

Sánchez-Morales, J. A. (2023). *Impacto de la metodología ABP-STEM en el rendimiento académico en ciencias naturales de estudiantes de la provincia de El Oro* (Tesis de maestría, Universidad Casa Grande). Repositorio Casa Grande.

Suárez-Campoverde, M., & Vivanco-Vargas, G. (2024). Tecnologías de la Información y enfoque STEM en la resolución de problemas comunitarios urbanos en Loja. *Texto Livre: Linguagem e Tecnologia*, *17*, e45102.

Toala-Palma, J., & Mendoza-Mendoza, L. (2022). El enfoque STEM y el desarrollo comunitario: Experiencias pedagógicas desde la Universidad Técnica de Manabí. *Revista ReHuSo*, *7*(3), 48-64.

Vallejo-Valdivieso, P. A., & Torres-SotoAddress, A. (2023). El huerto escolar como proyecto STEM: Una propuesta de ABP para escuelas primarias de Chimborazo. *Revista Kairós de Ciencias Económicas y del Interior*, *6*(11), 74-91.

Vite-Cevallos, H., & Carrión-Barco, G. (2022). Formación docente en metodologías activas: El reto de implementar STEM y ABP en la Zona 7 de educación de Ecuador. *Revista Educación*, *46*(2), 1-18.