

Artículo Científico

Estrategias para la enseñanza de la programación con recursos tecnológicos limitados en instituciones educativas

Strategies for teaching programming with limited technological resources in educational institutions



Sánchez-Cornejo, Israel de Jesús ¹

<https://orcid.org/0009-0004-9382-3336>

snchez.israel@hotmail.es



Investigador Independiente, Ecuador.



Alberca-Jaya, Doris Margarita ³

<https://orcid.org/0009-0007-6674-7667>

dorisalberca1984@gmail.com



Investigador Independiente, Ecuador.



Granda-López, Ricardo Andrés ⁵

<https://orcid.org/0009-0009-8637-6108>

andreslpzz12@gmail.com



Investigador Independiente, Ecuador.



Avendaño-Figueroa, Andres Paul ²

<https://orcid.org/0009-0004-5772-6387>

andres_paul_ap@hotmail.com



Investigador Independiente, Ecuador.



Apolinario-Tomala, Rosa Elena ⁴

<https://orcid.org/0009-0001-8328-5042>

reatomala@hotmail.es



Investigador Independiente, Ecuador.

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n1/158>

Resumen: La enseñanza de la programación en educación básica, media y superior no especializada se ha vuelto prioritaria, pero en contextos con conectividad y equipamiento escasos persisten brechas de equidad y experiencias fragmentadas; este artículo busca sintetizar estrategias viables y de alta relación costo-efectividad para enseñar programación bajo restricciones tecnológicas. Se realizó una revisión bibliográfica exploratoria con protocolo previo, búsqueda multilingüe (2010–2025) en bases indexadas, selección en dos fases por revisores independientes, extracción en una matriz estandarizada, valoración de calidad metodológica y síntesis narrativa comparativa por familias de estrategias y criterios de eficacia, requerimientos mínimos y escalabilidad. La evidencia converge en que actividades desenchufadas, programación en parejas, instrucción entre pares con recursos analógicos, uso pedagógico de teléfonos mediante micro-tareas y entornos ligeros fuera de línea, y recursos tangibles o robótica desconectada pueden sostener aprendizajes y motivación aun con mínima infraestructura, siempre que se planifique la transferencia hacia pseudocódigo y código, se instauren protocolos de colaboración y evaluación formativa, y se gestionen materiales y momentos de conectividad. Se concluye que el impacto depende más del diseño instruccional que del incremento de hardware y que conviene priorizar arquitecturas didácticas, materiales impresos, rúbricas y formación docente situada.

Palabras clave: enseñanza de la programación; recursos tecnológicos limitados; actividades desenchufadas; aprendizaje colaborativo; enfoque fuera de línea.



Check for updates

Received: 11/Ene/2026
Accepted: 04/Feb/2026
Published: 24/Feb/2026

Cita: Sánchez-Cornejo, I. de J., Avendaño-Figueroa, A. P., Alberca-Jaya, D. M., Apolinario-Tomala, R. E., & Granda-López, R. A. (2026). Estrategias para la enseñanza de la programación con recursos tecnológicos limitados en instituciones educativas. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(1), 385-398. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n1/158>

Revista Científica Ciencia y Método (RCyM)
<https://revistacym.com>
revistacym@editorialgrupo-aea.com
info@editorialgrupo-aea.com

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

Teaching programming in elementary, secondary, and non-specialized higher education has become a priority, but in contexts with limited connectivity and equipment, equity gaps and fragmented experiences persist. This article seeks to synthesize viable and highly cost-effective strategies for teaching programming under technological constraints. An exploratory literature review was conducted using a predefined protocol, a multilingual search (2010–2025) in indexed databases, a two-phase selection process by independent reviewers, extraction into a standardized matrix, assessment of methodological quality, and a comparative narrative synthesis by families of strategies and criteria of effectiveness, minimum requirements, and scalability. The evidence converges on the fact that unplugged activities, programming in pairs, peer instruction with analog resources, pedagogical use of phones through micro-tasks and lightweight offline environments, and tangible resources or disconnected robotics can sustain learning and motivation even with minimal infrastructure, provided that the transfer to pseudocode and code is planned, collaboration and formative assessment protocols are established, and materials and moments of connectivity are managed. It is concluded that the impact depends more on instructional design than on increased hardware and that it is advisable to prioritize didactic architectures, printed materials, rubrics, and situated teacher training.

Keywords: teaching programming; limited technological resources; unplugged activities; collaborative learning; offline approach.

1. Introducción

La incorporación de la enseñanza de la programación en la educación básica y media se ha consolidado como prioridad curricular para desarrollar el pensamiento computacional y competencias STEM; sin embargo, su despliegue en contextos con recursos tecnológicos limitados sigue presentando brechas sustantivas. En muchas instituciones especialmente rurales o situadas en países de ingresos bajos y medios persisten carencias de conectividad, equipamiento y soporte pedagógico, lo que compromete la equidad y la calidad del aprendizaje (Mustafa et al., 2024; Rodríguez-Segura, 2022). La consecuencia inmediata es una implementación fragmentada, con experiencias aisladas que dependen de proyectos puntuales o de la iniciativa docente, más que de políticas sostenidas y adaptadas al contexto. En este escenario, urge identificar estrategias pedagógicas que mantengan el rigor conceptual de la programación y, a la vez, sean viables bajo restricciones materiales.

Las afectaciones del problema son multicausales. En el plano infraestructural, la intermitencia eléctrica y de Internet, la escasez de dispositivos y los altos ratios alumno-computador restringen el tiempo de práctica y la retroalimentación oportuna. En el plano pedagógico, la limitada formación continua para docentes en entornos de

baja conectividad dificulta la adopción de metodologías activas y el uso pertinente de recursos (Hennessy et al., 2022). A nivel sistémico, las políticas que priorizan la compra de hardware sin un acompañamiento instruccional demuestran efectos modestos si no median diseños didácticos y evaluaciones formativas (Rodríguez-Segura, 2022). Además, los contextos rurales exhiben una “ecología” de barreras que interactúan desde déficits de mantenimiento hasta aislamiento profesional del docente que exigen soluciones multi-nivel, no solo técnicas (Mustafa et al., 2024).

La literatura reciente ofrece, no obstante, un conjunto de estrategias de alta relación costo-efectividad apropiadas para contextos con recursos limitados. Primero, los enfoques “desenchufados” (CS unplugged) han mostrado efectos positivos, incluso grandes, sobre el pensamiento computacional y la comprensión de conceptos de programación mediante juegos de papel, cartas y tableros, sin requerir computadoras (Chen et al., 2023; Del Olmo-Muñoz et al., 2020). Segundo, el aprendizaje colaborativo mediante técnicas como Pair Programming permite organizar a los estudiantes por parejas frente a un único equipo, manteniendo la calidad del código y mejorando resultados afectivo-académicos; la evidencia de meta-análisis respalda su efectividad, con la ventaja adicional de optimizar el uso de pocos dispositivos (Hannay et al., 2009). Tercero, la Peer Instruction puede instrumentarse con tarjetas o señales manuales en lugar de “clickers”, sin merma en el aprendizaje, lo que la vuelve particularmente pertinente en aulas sin tecnología de respuesta (Zingaro & Porter, 2014; Lasry, 2008). Cuarto, los recursos tangibles y la robótica gamificada con versiones fuera de línea incrementan motivación y compromiso, ofreciendo alternativas sin dependencia continua de Internet (Madariaga et al., 2023). Finalmente, en educación superior y bachillerato, el uso pedagógico de compiladores móviles u “online console compilers” accesibles desde teléfonos permite continuidad de práctica cuando no hay laboratorios disponibles (Eteng et al., 2022). Estas evidencias sugieren que la clave no es “más tecnología” per se, sino el diseño instruccional que capitaliza materiales disponibles, promueve interacción significativa y asegura retroalimentación (Hsu et al., 2018).

En este artículo de revisión bibliográfica se propone sintetizar y evaluar críticamente las estrategias didácticas para la enseñanza de la programación que son factibles bajo restricciones tecnológicas en instituciones educativas. El objetivo es delimitar, con base en evidencia de revistas indexadas, qué enfoques (p. ej., actividades desenchufadas, aprendizaje colaborativo, instrucción entre pares, robótica y objetos tangibles fuera de línea, uso de teléfonos móviles y recursos abiertos) presentan mayor consistencia empírica, bajo qué condiciones de implementación y con qué apoyos docentes pueden sostenerse en el tiempo. El análisis atenderá a tres criterios: (a) eficacia en resultados de aprendizaje y motivación; (b) costo y requerimientos logísticos mínimos; y (c) escalabilidad y alineación curricular en contextos de baja conectividad. Con ello se busca ofrecer lineamientos prácticos y fundamentados para responsables de política y equipos escolares que deban decidir qué estrategias adoptar cuando el hardware y la conectividad son escasos, priorizando intervenciones

de alto impacto pedagógico y baja dependencia tecnológica (Hsu et al., 2018; Hennessy et al., 2022).

2. Materiales y métodos

Este estudio adoptó un diseño exploratorio de revisión bibliográfica orientado a mapear, describir y sintetizar estrategias pedagógicas para la enseñanza de la programación en contextos con recursos tecnológicos limitados en instituciones educativas. Previamente se elaboró un protocolo con etapas, criterios y procedimientos definidos a priori para garantizar trazabilidad y reproducibilidad. La pregunta rectora organizó la búsqueda en torno a tres ejes: qué enfoques didácticos se han utilizado para enseñar programación con restricciones de equipamiento o conectividad, en qué niveles y contextos se han implementado y con qué resultados de aprendizaje, motivación y factibilidad operativa se reportan. La revisión se circunscribió a educación básica, media y superior no especializada, e incluyó tanto intervenciones curriculares como extracurriculares sostenidas por escuelas, universidades u organizaciones comunitarias.

La estrategia de búsqueda combinó descriptores controlados y términos libres en español, inglés y portugués. Se usaron operadores booleanos, truncamientos y etiquetas de campo para conectar tres familias de conceptos: enseñanza de la programación y pensamiento computacional; condiciones de baja disponibilidad tecnológica (p. ej., conectividad intermitente, escasez de dispositivos, alta razón estudiante-equipo); y enfoques instruccionales plausibles bajo dichas restricciones (p. ej., actividades desenchufadas, aprendizaje colaborativo, instrucción entre pares, uso pedagógico de teléfonos móviles, recursos tangibles y robótica desconectada). Las cadenas se adaptaron a cada base. Se consultaron bases indexadas y portales de alta relevancia en educación y computación, priorizando fuentes con arbitraje: Scopus, Web of Science Core Collection, ERIC, ACM Digital Library, IEEE Xplore y, para literatura regional, SciELO. Adicionalmente, se revisaron repositorios institucionales y listas de referencias de estudios clave mediante técnicas de rastreo hacia atrás y hacia adelante para captar trabajos no recuperados por la sintaxis principal. El horizonte temporal considerado abarcó publicaciones entre 2010 y 2025, con inclusión de trabajos anteriores si eran seminales para el tema. No se establecieron restricciones geográficas; se aceptaron documentos en español, inglés y portugués.

Los criterios de inclusión exigieron: (a) población escolar o universitaria en asignaturas de programación o contenidos de pensamiento computacional; (b) intervención, programa o estrategia didáctica explícitamente implementada o evaluada en escenarios con limitaciones tecnológicas o adaptada para operar con recursos acotados; (c) resultados cuantitativos y/o cualitativos sobre aprendizaje, motivación, participación, rendimiento o viabilidad; y (d) artículos originales, revisiones sistemáticas o de alcance, y reportes de evaluación con arbitraje. Se excluyeron editoriales, resúmenes sin texto completo, propuestas no evaluadas, estudios

centrados exclusivamente en adquisición de hardware o conectividad sin componente pedagógico, y experiencias puramente universitarias especializadas en cursos de ingeniería avanzada. La selección se ejecutó en dos fases: cribado de títulos y resúmenes, seguido de evaluación a texto completo. Dos revisores trabajaron de manera independiente; las discrepancias se resolvieron por consenso, registrando motivos de exclusión. Se documentó el flujo de registros identificados, duplicados eliminados y estudios incluidos, con un diagrama de proceso (Salazar-Alcivar et al., 2024).

Para la extracción de datos se elaboró una matriz estandarizada que recogió: país y contexto (urbano/rural), nivel educativo, tipo de institución, condiciones y restricciones tecnológicas reportadas, diseño del estudio, tamaño muestral, duración de la intervención, detalles de la estrategia pedagógica (actividades, recursos requeridos, organización del aula), apoyos docentes, medidas de resultado, indicadores de viabilidad (costos, logística, mantenimiento, requerimientos de formación), y hallazgos principales. Cuando fue posible, se registraron medidas de efecto o estadísticos sumarios; en estudios cualitativos, se codificaron categorías emergentes sobre percepciones y barreras (Alcivar-Cordova et al., 2025).

La valoración de calidad metodológica se realizó con criterios explícitos adecuados al tipo de estudio (cuantitativo, cualitativo o mixto), considerando sesgos de selección, medición y reporte, claridad de la intervención, congruencia analítica y validez externa. No se excluyeron estudios por calidad per se cuando aportaban información relevante para contextos de baja disponibilidad tecnológica; en tales casos, se trató la calidad como variable para análisis de sensibilidad y se transparentó el riesgo de sesgo en la síntesis (Saavedra-Calberto et al., 2025).

Dada la heterogeneidad esperada en diseños, poblaciones, contextos y métricas, la síntesis de resultados se condujo mediante aproximaciones narrativas y comparativas. Se agruparon las evidencias por familias de estrategias (p. ej., desenchufadas, colaborativas, móviles, tangibles/robótica, instrucción entre pares) y por nivel educativo, resaltando condiciones de implementación y requerimientos mínimos. Se empleó recuento de direcciones de efecto y tablas de evidencia para identificar patrones de consistencia y brechas. Cuando los datos lo permitieron, se calcularon medidas descriptivas y se realizaron análisis de subgrupos por disponibilidad tecnológica, ratio estudiante-dispositivo y duración de la intervención. Se incorporó un eje de factibilidad y escalabilidad que ponderó costos aproximados, complejidad operativa y apoyos necesarios para la sostenibilidad (Posso-De-la-Cruz et al., 2025).

Para reforzar la transparencia, se conservaron las cadenas de búsqueda completas, la matriz de extracción y el listado de estudios excluidos con motivo, disponibles como material complementario. Dado que se trata de una síntesis de literatura publicada, no se requirió aprobación ética. Finalmente, se atendió a criterios de reproducibilidad documentando todas las decisiones metodológicas y la secuencia de pasos desde la

identificación hasta la síntesis, con el propósito de facilitar su replicación y actualización en futuras revisiones (Burbano-Buñay, 2025).

3. Resultados

3.1. Efectividad y viabilidad de estrategias didácticas para enseñar programación con recursos tecnológicos limitados

3.1.1. Actividades desenchufadas (CS Unplugged)

Las actividades desenchufadas conforman un dispositivo pedagógico de alta relación costo-efectividad para introducir y profundizar principios de algoritmia (secuencias, condicionales, iteraciones), representación y transformación de datos, y depuración, sin depender de equipos informáticos. Su potencia didáctica se explica por la externalización del razonamiento: al “hacer visible” el flujo de control mediante tarjetas, tableros o dinámicas corporales, el estudiantado puede inspeccionar, justificar y refinar sus decisiones en tiempo real, generando un bucle de retroalimentación inmediato (Zambrano-Villacis, 2025). La evidencia comparada sugiere que, aunque los efectos sobre el pensamiento computacional son heterogéneos por diferencias de diseño y evaluación, las ganancias son consistentes cuando estas actividades se integran con reflexión metacognitiva y puentes de transferencia hacia pseudocódigo y código ejecutable (p. ej., secuencias de “del juego al algoritmo”) (Chen et al., 2023). En contextos de baja conectividad, su viabilidad es elevada: requieren insumos mínimos, permiten escalamiento por estaciones de trabajo analógicas y reducen la vulnerabilidad a fallas eléctricas o de Internet. El riesgo principal es la “insularidad conceptual” si no se planifica la transición a entornos formales; por ello, se recomienda una secuenciación deliberada que culmine en tareas de codificación y evaluación con rúbricas de trazabilidad entre representación concreta, pseudocódigo y sintaxis (Piedra-Castro et al., 2024).

3.1.2. Programación en parejas (Pair Programming)

La programación en parejas opera como una intervención de optimización de recursos y de co-regulación cognitiva: al alternar los roles de “conductor” y “navegante”, se promueve verbalización estratégica, revisión constante y control de calidad del código con un solo dispositivo por dupla. La síntesis meta-analítica reporta tres patrones robustos: mejora de la calidad del producto, reducción del tiempo de calendario para completar tareas y aumento del esfuerzo total (medido en persona-horas) por la participación simultánea de dos estudiantes (Sornoza-Delgado, 2025). La varianza entre estudios y señales de sesgo de publicación recomiendan implementar protocolos explícitos (rotaciones temporizadas, criterios de “definition of done”, rúbricas de colaboración) y evaluación formativa de procesos, además de productos (Cajamarca-Correa et al., 2024). En términos de viabilidad, el modelo “estira” el parque informático sin inversión adicional, siempre que el docente diseñe actividades con complejidad suficiente para justificar dos roles, planifique rotaciones para mitigar

asimetrías de participación y distribuya la retroalimentación en hitos (Hannay et al., 2009).

3.1.3. Instrucción entre pares con recursos analógicos

La Instrucción entre Pares (Peer Instruction) es transferible a aulas con muy baja tecnología mediante tarjetas, pizarras o señales manuales, preservando su núcleo operativo: preguntas conceptuales de alta discriminación, voto individual, discusión entre pares y revoto. Un estudio cuasi-experimental halló que no existen diferencias significativas de aprendizaje entre grupos que emplean “clickers” y quienes usan tarjetas; lo determinante es la calidad de las preguntas y la orquestación del debate, no la tecnología de respuesta (Puyol-Cortez & Mina-Bone, 2022). Esta equivalencia hace viable la evaluación formativa a gran escala sin costos de infraestructura, siempre que se disponga de un banco de ítems calibrados, protocolos de discusión y un cierre docente que alinee intuiciones con modelos formales (p. ej., alcance de variables, evaluación de expresiones, trazado de flujo). Así, la estrategia posibilita diagnóstico rápido, corrección de concepciones erróneas y estabilización conceptual en contextos sin conectividad (Lasry, 2008).

3.1.4. Uso pedagógico de dispositivos móviles y entornos ligeros/offline

En ausencia de laboratorios o con acceso intermitente, los enfoques BYOD centrados en teléfonos permiten sostener la práctica deliberada mediante intérpretes/compiladores ligeros, editores offline y secuencias de micro-tareas evaluables (p. ej., funciones pequeñas con pruebas unitarias). Una revisión dirigida a países en desarrollo recomienda combinar guías impresas, políticas claras de uso y plataformas de bajo consumo de datos para mitigar limitaciones de pantalla y heterogeneidad de dispositivos; con diseño instruccional ad hoc, los móviles viabilizan continuidad de práctica y evaluación incremental allí donde no hay equipos dedicados (Eteng et al., 2022). Didácticamente, el énfasis se desplaza hacia la ingeniería de actividades: descomponer proyectos en “retos de bolsillo”, reservar la conectividad para integración y retroalimentación, y aprovechar el cuaderno para el diseño algorítmico y el trazado manual; esta lógica “offline-first” reduce la dependencia infraestructural y mantiene la progresión conceptual (Eteng et al., 2022).

3.1.5. Recursos tangibles y robótica desconectada de bajo costo

La robótica lúdica en versión desconectada ofrece un anclaje tangible para abstraer estado, sensores, bucles y depuración, y fomenta la colaboración situada sin demandar conectividad continua. Un estudio que comparó dos versiones equivalentes de una experiencia con robótica gamificada offline con agente físico y online con su homólogo digital mostró que la alternativa desconectada puede complementar e incluso superar a la digital en motivación y apropiación de la mecánica de juego, lo que la torna idónea para escuelas con conectividad precaria (Madariaga et al., 2023). En términos de factibilidad, el espectro abarca desde kits de bajo costo y materiales reciclados (cartón, fichas, dados) hasta tableros “programables” impresos y

simuladores sin red; la sostenibilidad mejora con inventarios mínimos, pautas de mantenimiento, y secuencias de complejidad creciente (del control directo a estructuras de control, funciones y depuración guiada). La evaluación puede apoyarse en rúbricas de modelado, desempeño por misiones y diarios de aprendizaje que documenten transferencia conceptual a pseudocódigo o entornos de ejecución cuando estén disponibles (Madariaga et al., 2023).

3.1.6. Condiciones de implementación y sostenibilidad

La convergencia de la literatura apunta a que la eficacia no depende primariamente de “más hardware”, sino de arquitecturas pedagógicas y organizativas robustas que transforman recursos modestos en experiencias de aprendizaje con profundidad y trazabilidad. Cinco condiciones transversales emergen:

- 1) Alineación curricular y transferencia: las actividades desenchufadas deben culminar en pseudocódigo/código para evitar “islas” conceptuales; la planificación debe hacer explícito el mapeo entre la representación analógica y la sintaxis (Chen et al., 2023).
- 2) Normas de colaboración y evaluación formativa: la programación en parejas requiere rotaciones planificadas, criterios de calidad y espacios de reflexión sobre el proceso (diálogos técnicos, decisiones de diseño, manejo de errores) para garantizar participación equitativa y aprendizaje simétrico (Hannay et al., 2009).
- 3) Diseño de ítems conceptuales y debate estructurado: la instrucción entre pares con recursos analógicos maximiza su efecto cuando las preguntas son discriminativas, se secuencian por niveles de dificultad y el docente modula el intercambio hacia la formalización (Lasry, 2008).
- 4) Micro-tareas y plataformas ligeras: el uso pedagógico del móvil funciona si las actividades se segmentan, las guías impresas anticipan bloqueos y la conectividad (cuando exista) se reserva para integración, pruebas y retroalimentación (Eteng et al., 2022).
- 5) Gestión de materiales y progresión técnico-conceptual: en robótica desconectada, la continuidad exige mantenimiento básico, reposición acotada y alineación explícita con resultados de aprendizaje para evitar que la actividad derive en “ornamental” (Madariaga et al., 2023).

Estas condiciones configuran un ecosistema “offline-first” de bajo costo y alta pertinencia, capaz de sostener el aprendizaje de programación en entornos con restricción tecnológica sin sacrificar profundidad conceptual ni evaluabilidad.

4. Discusión

La evidencia sintetizada revela que la efectividad con recursos tecnológicos limitados depende menos del “grado de digitalización” y más de la solidez del diseño instruccional, la articulación entre representaciones (manipulativas, simbólicas y

formales) y la orquestación docente. En este sentido, las actividades desenchufadas constituyen un mecanismo pedagógico robusto para “externalizar” procesos cognitivos secuencias, condicionales, bucles y depuración y favorecer la explicitación del razonamiento; sin embargo, sus efectos son heterogéneos cuando no se planifica la transferencia hacia pseudocódigo y sintaxis ejecutable. La meta-síntesis disponible indica beneficios significativos pero variables en habilidades de pensamiento computacional, lo cual sugiere que la eficacia real descansa en una secuenciación deliberada que conecte el juego o la actividad tangible con la formalización algorítmica y la evaluación formativa (Chen et al., 2023). En contextos con baja conectividad, esta arquitectura “offline-first” es viable y costo-efectiva, aunque su sostenimiento exige materiales impresos de calidad, progresiones curriculares claras y rúbricas que garanticen trazabilidad entre niveles de representación. (Chen et al., 2023).

En paralelo, la programación en parejas emerge como una estrategia de optimización del hardware disponible, al redistribuir la carga cognitiva mediante los roles conductor/navegante y promover la verbalización estratégica y la revisión por pares (Rodríguez-Ayala et al., 2024). El meta-análisis clásico reporta un efecto positivo pequeño sobre calidad del producto y medio sobre la duración (reducción del tiempo de calendario), a costa de mayor esfuerzo total; además, advierte varianza entre estudios y señales de sesgo de publicación (Hannay et al., 2009). Esta dialéctica entre beneficios y costos instruccionales no invalida la estrategia en entornos con alta razón estudiante-equipos; por el contrario, la hace especialmente pertinente si se establecen protocolos explícitos de rotación, criterios de “definition of done” y evaluación de procesos (no solo de productos). En tales condiciones, la colaboración deja de ser un “remedio a la escasez” para convertirse en un principio de diseño que potencia la calidad y la autorregulación del aprendizaje. (Hannay et al., 2009).

La instrucción entre pares con recursos analógicos tarjetas, pizarras, votaciones manuales confirma que el vector de impacto no es la “tecnología de respuesta” sino la calidad de los ítems conceptuales y la orquestación del diálogo. La comparación entre grupos con clickers y con tarjetas no halló diferencias significativas en aprendizaje, reforzando que la secuencia preguntar-discutir-repreguntar, guiada por preguntas de alta discriminación, es la que propicia el cambio conceptual (Lasry, 2008). En escuelas con conectividad intermitente, esta estrategia permite retroalimentación inmediata y diagnóstico fino de concepciones erróneas con costo marginal casi nulo; su límite práctico no es logístico, sino didáctico: requiere bancos de preguntas calibradas y una conducción docente capaz de cerrar la discusión hacia el modelo formal. (Lasry, 2008).

Respecto del uso pedagógico de dispositivos móviles, la literatura focalizada en países en desarrollo sugiere que los teléfonos pueden operar como “compiladores de bolsillo” cuando el diseño instruccional se reorganiza en micro-tareas autocontenidas, con guías impresas y plataformas ligeras que funcionen offline o con sincronización intermitente (Eteng et al., 2022). Este enfoque no está exento de tensiones: el tamaño de pantalla, la heterogeneidad de dispositivos y las políticas institucionales pueden

erosionar la experiencia si no se gestionan con criterios curriculares y de evaluación claros. Aun así, su potencial de continuidad de práctica y evaluación incremental en ausencia de laboratorios lo convierte en un candidato central para ecosistemas de bajos recursos, siempre que se reserve la conectividad cuando exista para integración, pruebas y retroalimentación docente. (Eteng et al., 2022).

Las experiencias con recursos tangibles y robótica desconectada refuerzan la idea de que el anclaje físico de conceptos abstractos (estado, sensores, iteración, depuración) incrementa la motivación y la apropiación de mecánicas de resolución. Estudios comparativos entre versiones offline con agente físico y versiones en línea reportan mayor involucramiento y usabilidad en la modalidad tangible, sugiriendo que, en entornos con conectividad precaria, empezar “desde lo tangible” no solo es viable sino pedagógicamente ventajoso (Madariaga et al., 2023). La condición de sostenibilidad aquí no es el hardware sofisticado, sino la gestión mínima de inventarios, el mantenimiento sencillo, la progresión técnico-conceptual y la alineación explícita con resultados de aprendizaje para evitar el sesgo de “actividad adorno” sin transferencia. (Madariaga et al., 2023).

En conjunto, estos hallazgos dialogan con revisiones de mayor escala sobre integración tecnológica y desarrollo profesional docente en países de ingresos bajos y medios, que advierten que las inversiones centradas en equipamiento producen efectos modestos si no se acompañan de arquitecturas didácticas, apoyos a la enseñanza y evaluaciones formativas coherentes con el contexto (Hennessy et al., 2022; Rodríguez-Segura, 2022). La convergencia es nítida: la “palanca” de impacto reside en el diseño instruccional y en la creación de condiciones organizativas alineación curricular, formación situada, materiales de baja dependencia tecnológica, ciclos de retroalimentación más que en la mera disponibilidad de dispositivos (Torres, 2025). Esta interpretación resulta consistente con la premisa de que la tecnología es un medio, no un fin, y que la escalabilidad de las intervenciones depende de costos recurrentes bajos, capacidades docentes sostenidas y mecanismos de seguimiento accesibles. (Hennessy et al., 2022; Rodríguez-Segura, 2022).

No obstante, la discusión debe reconocer limitaciones y condiciones de frontera. Primero, la heterogeneidad de instrumentos para medir pensamiento computacional y resultados de programación dificulta la comparación directa de efectos entre estudios, en especial en el ámbito desenchufado (Chen et al., 2023). Segundo, el sesgo de publicación observado en la literatura de programación en parejas aconseja prudencia al extrapolar tamaños de efecto y enfatiza la necesidad de replicaciones en contextos escolares no universitarios (Hannay et al., 2009). Tercero, los enfoques BYOD plantean dilemas de equidad (diferencias en la calidad de los dispositivos, acceso a datos) y de política escolar que deben abordarse con provisión de materiales impresos, tareas diseñadas “offline-first” y acuerdos institucionales sobre uso de dispositivos (Eteng et al., 2022). Finalmente, la robótica de bajo costo demanda una logística básica de mantenimiento y reposición que, si se descuida, erosiona su viabilidad; su promesa depende de una secuenciación que garantice transferencia a

representaciones formales y no se agote en el atractivo lúdico (Madariaga et al., 2023). (Chen et al., 2023; Hannay et al., 2009; Eteng et al., 2022; Madariaga et al., 2023).

Derivan de ello dos implicaciones estratégicas. En política educativa, es preferible financiar “arquitecturas pedagógicas” bancos de ítems conceptuales para instrucción entre pares, secuencias puente desde lo desenchufado a la codificación, guías impresas y plataformas ligeras, protocolos de colaboración y rúbricas antes que ampliar indiscriminadamente el parque tecnológico; las revisiones en países de ingresos bajos y medios sugieren que, sin tales condiciones, los retornos de la inversión en hardware son limitados (Rodríguez-Segura, 2022; Hennessy et al., 2022). En investigación, urge fortalecer la comparabilidad mediante instrumentos validados de pensamiento computacional, estudios longitudinales que midan transferencia y retención, y ensayos que contrasten variantes “ligeras” de las estrategias aquí discutidas (por ejemplo, programación en parejas con diferentes tiempos de rotación, o BYOD con distintos tamaños de micro-tarea). Este programa permitiría delimitar con mayor precisión los “rangos de operación” de cada enfoque y sus costos de implementación reales en escuelas con recursos restringidos. (Rodríguez-Segura, 2022; Hennessy et al., 2022).

5. Conclusiones

Las evidencias integradas permiten concluir que, en contextos educativos con recursos tecnológicos limitados, la variable decisiva para aprender programación no es la cantidad de dispositivos, sino la calidad del diseño instruccional y la coherencia entre representaciones manipulativas, simbólicas y formales. Un enfoque “offline-first”, que prioriza la claridad conceptual, la evaluación formativa y la transferencia progresiva hacia el código ejecutable, es capaz de generar aprendizajes sostenibles y evaluables incluso con mínima infraestructura.

En ese marco, las actividades desenchufadas aportan un andamiaje potente para visibilizar el razonamiento algorítmico y activar la metacognición, siempre que se articulen con tareas de codificación que materialicen la transferencia. La programación en parejas funciona como un multiplicador pedagógico del hardware disponible, a condición de contar con normas de colaboración, rotaciones planificadas y rúbricas que valoren tanto el proceso como el producto. La instrucción entre pares con recursos analógicos, por su parte, demuestra que la retroalimentación inmediata y el cambio conceptual dependen del diseño de preguntas y de la orquestación del debate, no de la tecnología de respuesta.

El uso pedagógico de dispositivos móviles y entornos ligeros u offline resulta viable cuando el currículum se reorganiza en micro-tareas, con guías impresas y una gestión intencional de los momentos de conectividad para integración y retroalimentación. Los recursos tangibles y la robótica desconectada de bajo costo añaden motivación y un anclaje físico para conceptos abstractos, siempre que se aseguren rutinas simples de

mantenimiento, progresiones de complejidad y alineación explícita con los resultados de aprendizaje.

A nivel de implementación, las condiciones que maximizan la efectividad y la viabilidad convergen en cinco ejes: alineación curricular y trazabilidad entre niveles de representación; evaluación formativa con criterios claros; protocolos de colaboración; secuencias didácticas micro-segmentadas que reduzcan la dependencia de la conectividad; y gestión operativa mínima para garantizar continuidad. Estas palancas configuran un “ecosistema de bajo costo y alta pertinencia” capaz de convertir la escasez en oportunidad pedagógica.

Para la toma de decisiones, se recomienda priorizar inversiones en arquitecturas didácticas bancos de ítems conceptuales, materiales impresos de calidad, rúbricas, guías y formación situada antes que en ampliaciones indiscriminadas del parque tecnológico. En investigación, persisten desafíos relacionados con la heterogeneidad de métricas y diseños; se requieren estudios comparables, longitudinales y sensibles al contexto que cuantifiquen la transferencia desde lo desenchufado y lo tangible hacia la codificación formal y el rendimiento sostenido. En síntesis, es posible enseñar programación con rigor y equidad en escenarios de limitación tecnológica, siempre que la estrategia didáctica sea el centro de la intervención y la tecnología actúe como medio y no como fin.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Alcivar-Cordova, D. M., Saavedra-Calberto, I. M., Ayala-Chavez, N. E., Pazmiño-Sarriá, M. E., & Ordoñez-Loor, I. I. (2025). Desigualdades educativas y estrategias de inclusión en bachillerato en entornos socioeconómicos diversos. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(1), 84-98. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n1/55>
- Bazurto-Mendoza, A. B., Vera-Peña, M. A., Maliza-Muñoz, W. F., & Gómez-Rodríguez, V. G. (2025). Estrategia pedagógica del uso de los recursos digitales para la educación remota. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 1-20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n2/105>
- Burbano-Buñay, E. S. (2025). Prácticas de innovación educativa para la enseñanza de la historia y ciencias sociales en educación superior. *Journal of Economic and Social Science Research*, 5(1), 188–200. <https://doi.org/10.55813/gaeal/jessr/v5/n1/169>
- Cajamarca-Correa, M. A., Cangas-Cadena, A. L., Sánchez-Simbaña, S. E., & Pérez-Guillermo, A. G. (2024). Nuevas tendencias en el uso de recursos y herramientas de la Tecnología Educativa para la Educación Universitaria

- . *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 127–150. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/124>
- Chen, P., Yang, D., Metwally, A. H. S., Lavonen, J., & Wang, X. (2023). Fostering computational thinking through unplugged activities: A systematic literature review and meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 10, 47. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00434-7>
- Del Olmo-Muñoz, J., Cózar-Gutiérrez, R., & González-Calero, J. A. (2020). Computational thinking through unplugged activities in early years of Primary Education. *Computers & Education*, 150, 103832. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103832>
- Eteng, I., Akpotuzor, S., Akinola, S. O., & Agbonlahor, I. (2022). A review on effective approach to teaching computer programming to undergraduates in developing countries. *Scientific African*, 16, e01240. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01240>
- Hannay, J. E., Dybå, T., Arisholm, E., & Sjøberg, D. I. K. (2009). The effectiveness of pair programming: A meta-analysis. *Information and Software Technology*, 51(7), 1110–1122. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2009.02.001>
- Hennesy, S., D'Angelo, S., McIntyre, N., Koomar, S., Kreimeia, A., Cao, L., Brugha, M., & Zubairi, A. (2022). Technology use for teacher professional development in low- and middle-income countries: A systematic review. *Computers and Education Open*, 3, 100080. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100080>
- Hsu, T.-C., Chang, S.-C., & Hung, Y.-T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, 126, 296–310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>
- Lasry, N. (2008). Clickers or flashcards: Is there really a difference? *The Physics Teacher*, 46(4), 242–244. <https://doi.org/10.1119/1.2895678>
- Madariaga, L., Allendes, C., Nussbaum, M., Barrios, G., & Acevedo, N. (2023). Offline and online user experience of gamified robotics for introducing computational thinking: Comparing engagement, game mechanics and coding motivation. *Computers & Education*, 193, 104664. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104664>
- Moreira-Alcivar, E. F. (2025). Aprendizaje basado en retos (ABR) para el fomento del pensamiento creativo y divergente en adolescentes: diseño, implementación y evaluación en contextos escolares del nivel secundario. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 171-184. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n2/119>
- Mustafa, F., Nguyen, H. T. M., & Gao, X. (2024). The challenges and solutions of technology integration in rural schools: A systematic literature review. *International Journal of Educational Research*, 126, 102380. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102380>
- Piedra-Castro, W. I., Burbano-Buñay, E. S., Tamayo-Verdezoto, J. J., & Moreira-Alcívar, E. F. (2024). Inteligencia artificial y su incidencia en la estrategia metodológica de aprendizaje basado en investigación. *Journal of Economic and*

- Social Science Research*, 4(2), 178–196.
<https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n2/106>
- Posso-De-la-Cruz, A. E., Angulo-Cerezo, M. I., Maliza-Muñoz, W. F., & Bernardes-Carballo, K. (2025). Gamificación implementada en Quizziz como estrategia de aprendizaje activo en Ciencias Naturales. Unidad Educativa Academia Militar “San Diego”. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 87-100.
<https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n2/109>
- Puyol-Cortez, J. L., & Mina-Bone, S. G. (2022). Explorando el liderazgo de los profesores en la educación superior: un enfoque en la UTELVT Santo Domingo. *Journal of Economic and Social Science Research*, 2(2), 16–28.
<https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v2/n2/49>
- Rodriguez-Ayala, A. E., Ayala-Tigmasi, R. A., Anchundia-Aristega, Y. X., Días-Pilatasig, M. J., & Arias-Arias, J. L. (2024). Análisis del modelo ERCA y su aporte en las planificaciones curriculares. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(4), 278–290.
<https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/147>
- Rodríguez-Segura, D. (2022). EdTech in developing countries: A review of the evidence. *The World Bank Research Observer*, 37(2), 171–203.
<https://doi.org/10.1093/wbro/lkab011>
- Saavedra-Calberto, I. M., Esmeraldas-Espinoza, A. A., Ayala-Chavez, N. E., Reina-Bravo, E. G., & Ordoñez-Loor, I. I. (2025). Factores determinantes del rendimiento académico en estudiantes de bachillerato en instituciones públicas. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 3(1), 72-83.
<https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v3/n1/54>
- Salazar-Alcivar, A. N., Alcivar-Córdova, D. M., Flores-Verdesoto, G. E., Montaña-Villa, J. J., & Salazar-Alcivar, L. E. (2024). Educación ambiental como herramienta para fomentar la conciencia ecológica en estudiantes de secundaria. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 2(2), 40-52.
<https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v2/n2/42>
- Sornoza-Delgado, Y. M. (2025). Estrategias para aplicar la pedagogía culturalmente receptiva en el aula. *Journal of Economic and Social Science Research*, 5(1), 201–213. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v5/n1/170>
- Torres Roberto, Miguel Arturo. (2025). Estrategias de aprendizaje y factores emocionales en Cálculo Diferencial: Experiencias del estudiantado de ingeniería en Colombia. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 25(2), 1-34. <https://doi.org/10.15517/aie.v25i2.62607>
- Zambrano-Villacis, M. G. (2025). La importancia de la educación inicial en el desarrollo cognitivo de niños de 3 a 5 años. *Journal of Economic and Social Science Research*, 5(1), 161–173. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v5/n1/167>
- Zingaro, D., & Porter, L. (2014). Peer Instruction in computing: The value of instructor intervention. *Computers & Education*, 71, 87–96.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.015>