

Educación ambiental mediada por las TIC: transformación pedagógica en escuelas rurales vulnerables de Colombia

Environmental Education Mediated by ICTs: Pedagogical Transformation in Vulnerable Rural Schools in Colombia

Luis Serrano-Ardila¹
Rubén Baena-Navarro²
Yulieth Carriazo-Regino³

Resumen

Este artículo presenta los resultados de una investigación mixta realizada en instituciones rurales de Zapatoca, Colombia, marcadas por vulnerabilidad estructural y limitaciones en conectividad, infraestructura y formación docente en materia de tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Nuestro estudio buscó comprender el impacto del uso pedagógico de las TIC en el fortalecimiento del aprendizaje ambiental y su relación con la participación estudiantil en proyectos de sostenibilidad escolar. Se aplicó un enfoque holopráxico que integró métodos cuantitativos y cualitativos, con encuestas tipo Likert aplicadas a 163 estudiantes, además de entrevistas, grupos focales y observación participativa con 13 docentes. El análisis combinó estadísticos descriptivos y correlacionales con componentes principales y codificación abierta y axial mediante *software* especializado. Los resultados muestran que el 88.3 % del estudiantado valoró positivamente las TIC para investigar temas

¹Licenciado en Educación Básica Primaria de la Universidad Javeriana Colombia; especialista en Administración de la Informática Educativa y magíster en Gestión de la Tecnología Educativa de la Universidad de Santander; doctorando en Ciencias de la Educación de la Universidad Metropolitana de Ciencia y Tecnología (UMECIT), Panamá. Correo: luisserrano.est@umecit.edu.pa. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0328-2512>

²Ingeniero de sistemas; doctor en Proyectos en la línea de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Universidad Internacional Iberoamericana, México; posdoctor en Ciencia, Investigación y Metodología, Universidad del Zulia, Venezuela; magíster en Software Libre con especialización en Desarrollo de Aplicaciones, Universidad Autónoma de Bucaramanga; profesor del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad de Córdoba, Colombia; profesor del Programa de Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología (UMECIT), Panamá; estudiante del Doctorado en Informática de la Universidad Americana de Europa, México. Correo: rbaena@correo.unicordoba.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5055-6515>

³Ingeniera de sistemas y contadora pública; magíster en Gestión, Aplicación y Desarrollo de *Software* con especialización en Investigación de la Universidad Autónoma de Bucaramanga y de la Universidad de Córdoba; estudiante del Doctorado en Informática de la Universidad Americana de Europa (UNADE), México; profesora del Departamento de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Córdoba, Colombia. Correo: yuliethcarriazor@correo.unicordoba.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2163-9263>

ambientales, mientras que el 62.4 % reportó mayor involucramiento en iniciativas de sostenibilidad. También se evidenció un incremento del 18.5 % en el rendimiento académico medio y la conformación de tres clústeres diferenciados de apropiación tecnológica. En conjunto, los hallazgos indican que la integración contextualizada y culturalmente situada de las TIC favorece el aprendizaje significativo, fortalece la conciencia ecológica y promueve la inclusión educativa, lo que exige adaptar las estrategias tecnopedagógicas a los perfiles sociotecnológicos del estudiantado rural.

Palabras clave: TICs, educación rural, sostenibilidad, aprendizaje ambiental, inclusión educativa, alfabetización digital, pedagogía crítica

ODS 4: educación de calidad; tecnologías para la equidad educativa

Abstract

This article presents the results of a mixed-methods study conducted in rural schools in Zapatoca, Colombia, characterized by structural vulnerability and persistent limitations in connectivity, infrastructure, and teacher training regarding information and communication technologies (ICTs). Our research aimed to understand the impact of the pedagogical use of ICTs in strengthening environmental learning and its relationship with students' participation within the framework school-based sustainability initiatives. A holopraxic approach was adopted, integrating quantitative and qualitative techniques, including Likert-scale surveys administered to 163 students, as well as interviews, focus groups, and participatory observation with 13 teachers. The analysis combined descriptive and correlational statistics with principal component techniques and open and axial coding supported by specialized software. The findings show that 88.3% of students positively valued ICTs as a means to investigate environmental issues, while 62.4% reported increased involvement in sustainability projects. An 18.5% improvement in average academic performance was also observed, alongside the emergence of three differentiated clusters of technological appropriation. Overall, the results indicate that a contextualized and culturally grounded integration of ICTs promotes meaningful learning, strengthens ecological awareness, and advances educational inclusion, underscoring the need to adapt technopedagogical strategies to the sociotechnological profiles of rural students in order to enhance their transformative potential.

Keywords: music education, cultural diversity, teacher education, educational technologies

SDGs 4: quality education; technologies for educational equity.

Introducción

La integración de tecnologías digitales en contextos escolares rurales representa un desafío aún no resuelto para los sistemas educativos de América Latina, especialmente cuando se articula con procesos formativos orientados a la sostenibilidad. Lejos de constituir una mera incorporación instrumental, el uso pedagógico de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) exige repensar las relaciones entre conocimiento, territorio y justicia ambiental, particularmente en comunidades que enfrentan exclusiones históricas tanto en el acceso tecnológico como en la participación ciudadana informada (Molina-Pacheco y Mesa-Jiménez, 2018; Herrera-Enríquez, 2023). La emergencia climática global, documentada por organismos multilaterales como la ONU (2025), supone una reconfiguración de las prácticas educativas que trascienda los contenidos y las metodologías tradicionales, integrando nuevas formas de pensar, sentir y actuar frente al entorno.

Diversas investigaciones han destacado que la incorporación significativa de herramientas digitales puede fortalecer la conciencia ambiental del estudiantado, siempre que se inserte en procesos pedagógicos contextualizados y culturalmente relevantes (Araujo y Benati, 2019; Hasin y Nasir, 2021). Sin embargo, en el caso colombiano, subsisten profundas brechas de acceso, infraestructura y formación docente que limitan la apropiación crítica de estas tecnologías en las zonas rurales (Barbosa Durán, 2022; González-González *et al.*, 2021). Estas limitaciones no solo dificultan la alfabetización digital; también restringen las posibilidades de que niñas, niños y adolescentes se reconozcan como agentes activos en la transformación de su realidad ecológica.

En sus desarrollos contemporáneos, la pedagogía crítica entiende la educación como un acto político que habilita la lectura y la transformación del mundo mediante la interrogación de estructuras de poder, la construcción colectiva de sentido y el fortalecimiento de la agencia estudiantil (Giroux, 2020). En el campo de la educación ambiental, esta perspectiva confluye con enfoques situados que articulan territorio, experiencia comunitaria y análisis socioecológico, configurando lo que se ha denominado como *pedagogía crítica del lugar*. Dicho enfoque vincula saberes escolares y conocimientos locales para interpretar problemas ambientales desde su historicidad y sus implicaciones para la vida comunitaria, algo particularmente relevante en las escuelas rurales, donde las decisiones ambientales tienen efectos directos en la cotidianidad (Cicchino *et al.*, 2023).

La evidencia reciente muestra que los programas de educación ambiental con énfasis crítico—*i.e.*, aquellos que combinan indagación, problematización y acción—tienden a generar efectos positivos en los conocimientos, las actitudes y las disposiciones hacia la sostenibilidad, aun cuando los resultados emergen de trayectorias complejas que dependen del contexto institucional y comunitario (Ardoin *et al.*, 2020). En América Latina, corrientes freireanas renovadas plantean que la educación ambiental crítica debe promover el diálogo de saberes, la comprensión histórica de los conflictos socioambientales y la formación de sujetos capaces de participar en la transformación de sus territorios (Martínez-Pérez y Moreno-Sierra, 2022).

Cuando estas orientaciones se entrelazan con mediaciones digitales, las tecnologías dejan de ser simples artefactos y se convierten en mediaciones culturales que amplían la deliberación pública, facilitan la lectura de datos ambientales y posibilitan decisiones informadas en la comunidad escolar (Hajj-Hassan *et al.*, 2024). En síntesis, la alfabetización ecológica en espacios rurales adquiere mayor densidad cuando se parte de problemas territoriales reales, se impulsa la voz estudiantil y se incorporan tecnologías con intencionalidad crítica, favoreciendo comprensiones profundas de las causas socioecológicas y sus alternativas de acción.

Esta investigación se situó en medio de la tensión entre potencialidad y restricción. Su propósito fue caracterizar las percepciones del estudiantado rural en torno al uso de las TIC para promover aprendizajes significativos sobre sostenibilidad ambiental. Bajo un diseño metodológico que articula lo cuantitativo con lo comprensivo—siguiendo los planteamientos del método holopráxico (Hurtado, 2015)—, se buscó establecer relaciones entre la apropiación tecnológica, las actitudes hacia el cuidado ambiental y la participación en iniciativas escolares mediadas por recursos digitales. En este marco se formuló la siguiente pregunta: ¿cómo influye el uso de las TIC en la construcción de actitudes y saberes ambientales en estudiantes de instituciones rurales del municipio de Zapatoca?

A partir de esta pregunta, se propuso la hipótesis de que existe una relación positiva entre el nivel de familiaridad tecnológica del estudiantado y su disposición activa hacia la sostenibilidad, la cual se entiende como la capacidad de vincular conocimientos, valores y prácticas orientadas a la transformación del entorno. Este supuesto se pone a prueba en un contexto caracterizado por la conectividad limitada, el escaso equipamiento escolar y la heterogeneidad en las trayectorias digitales del estudiantado.

Para abordar esta complejidad, se implementó el Modelo para la Integración Pedagógica de la Sostenibilidad y la Tecnología (MIPST) (Baena-Navarro *et al.*, 2024), una propuesta estructurada que articula procesos formativos con herramientas digitales en función de objetivos ambientales. Esta investigación se sustenta en antecedentes que documentan tanto las posibilidades como los límites del uso de las TIC en la educación ambiental rural (Doychinova, 2023; Cho y Park, 2023; Rodríguez-Loinaz *et al.*, 2022), y concluye con una propuesta analítica que distingue perfiles estudiantiles diferenciados con base en su relación con la tecnología y el ambiente.

Metodología

El diseño metodológico adoptado fue la comprensión holística de la ciencia, desarrollada mediante el método holopráxico y una investigación de tipo proyectiva. La incorporación de técnicas mixtas permitió analizar el fenómeno educativo desde dos dimensiones complementarias: una analítica, orientada a la interpretación cuantitativa de patrones y relaciones estadísticas; y otra comprensiva, centrada en reconstruir las vivencias y significados que los actores escolares atribuyen a su experiencia con las TIC (Hurtado, 2015). Esta estructura metodológica ayudó a establecer asociaciones entre variables relacionadas con la apropiación tecnológica y el aprendizaje ambiental, al tiempo que se profundizaba en las percepciones, motivaciones y barreras presentes en el contexto rural (Doychinova, 2023).

Esta investigación se desarrolló en dos sedes rurales del municipio de Zapatoca (Santander, Colombia): la Institución Educativa Las Puentes y la Institución Educativa Palo Blanco. Ambas escuelas presentan condiciones de conectividad intermitente, equipamiento digital limitado y una marcada brecha en materia de formación docente en tecnologías educativas, lo que las convierte en espacios ideales para validar propuestas de integración pedagógica de las TIC en contextos de vulnerabilidad estructural (Herrera-Enríquez, 2023; Barbosa Durán, 2022).

La población estudiada consistía en 24 docentes y 298 estudiantes de los grados cuarto a noveno. Para establecer el tamaño de la muestra, se aplicó la Ecuación (1) para poblaciones finitas:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{E^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

- n: tamaño de la muestra
- N: población total (322)
- Z: nivel de confianza (1.96 para 95 %)
- p: proporción esperada (0.5)
- q: 1 - p (proporción complementaria)
- E: error de muestreo (0.05)

El cálculo arrojó un total de 176 participantes, distribuidos proporcionalmente entre las dos instituciones y diferenciados por rol (docente o estudiante). La Tabla 1 presenta el desglose detallado de la muestra.

Tabla 1

Distribución de la muestra por institución y rol

Institución	Docentes	Estudiantes	Total
I.E. Las Puentes	6	80	86
I.E. Palo Blanco	7	83	90
Total	13	163	176

Los instrumentos de recolección de datos incluyeron un cuestionario sobre uso de las TIC, las actitudes ambientales y la autoeficacia digital; entrevistas semiestructuradas aplicadas a docentes; grupos focales con estudiantes; y fichas de observación de sesiones pedagógicas. Estos instrumentos fueron validados a través del método Delphi, contando con la retroalimentación de cinco expertos en educación rural, tecnologías educativas y sostenibilidad ambiental (Voncken et al., 2019).

El MIPST se implementó durante 12 semanas, estructurándose en cinco fases consecutivas: diagnóstico institucional, formación docente inicial, planificación de unidades didácticas, ejecución de actividades en aula y comunidad, y evaluación participativa. Las temáticas abordadas incluyeron reciclaje, biodiversidad, manejo del agua y cambio climático, integradas mediante estrategias activas como juegos

digitales, creación de infografías, podcasts, campañas escolares y simulaciones ambientales (Hasin y Nasir, 2021; Ma *et al.*, 2023).

El análisis cuantitativo se realizó con SPSS, aplicando estadísticas descriptivas (frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central) y análisis de correlación bivariada para identificar relaciones significativas entre variables de acceso tecnológico, capacitación docente y participación ambiental. En paralelo, el análisis cualitativo empleó codificación abierta y axial sobre las transcripciones de las entrevistas y los grupos focales, permitiendo reconstruir categorías emergentes en torno a percepciones docentes, experiencias estudiantiles y barreras de implementación (Araujo y Benati, 2019; Cho y Park, 2023).

Este estudio cumplió con los principios éticos de voluntariedad, consentimiento informado y anonimato. Las actividades fueron diseñadas con una lógica de respeto territorial, inclusividad y sostenibilidad, de acuerdo con estándares éticos para intervenciones en contextos educativos vulnerables (Ayuy *et al.*, 2025; Yang *et al.*, 2025).

Resultados

La implementación del MIPST produjo efectos diferenciados en las dimensiones académica, actitudinal y tecnológica de los estudiantes de las dos instituciones rurales participantes. Estos efectos se evidenciaron tanto en los análisis cuantitativos como en los hallazgos cualitativos provenientes de las entrevistas, los grupos focales y las observaciones de aula, lo que permitió triangular los datos y ofreció una comprensión más robusta de los cambios observados.

Avances académicos

El análisis comparativo de las pruebas diagnóstica y final mostró una mejora significativa del desempeño académico, con un promedio general que pasó de 3.1 a 3.7 sobre 5.0, equivalente a un incremento del 18.5 %. Este progreso fue especialmente notable en la apropiación conceptual de temas como el reciclaje, la biodiversidad y el ciclo del agua (Ramírez Suárez *et al.*, 2023). Los docentes confirmaron este cambio en sus observaciones, resaltando transformaciones en la manera en que los estudiantes explicaban los conceptos ambientales:

Ahora los estudiantes explican con propiedad cómo cuidar el agua y cómo clasificar residuos. Incluso elaboraron guías para sus familias. (Docente, I. E. Palo Blanco)

Durante las sesiones de observación se evidenció mayor participación estudiantil en las discusiones ambientales, incorporando ejemplos locales en sus intervenciones. Estos resultados se alinean con investigaciones que destacan el potencial de las TIC para propiciar aprendizajes significativos en contextos rurales cuando su uso se articula con contenidos de relevancia local (González-González *et al.*, 2021; Herrera-Enríquez, 2023).

Desarrollo de competencias tecnológicas

En cuanto al componente tecnológico, el 87 % del estudiantado manifestó avances importantes en el uso autónomo de herramientas digitales como Canva, Genially, Mindomo y Quizizz para la creación de recursos educativos. De manera complementaria, el uso frecuente de Google Classroom fortaleció la organización y la autonomía en entornos virtuales (Ocampo-López *et al.*, 2023; Ilomäki y Lakkala, 2018).

En los grupos focales emergió, de manera recurrente, la categoría autoeficacia digital, reflejada en comentarios espontáneos de los estudiantes:

Antes me daba miedo usar la computadora; ahora hasta sé hacer juegos interactivos para explicar el ciclo del agua. (Estudiante, grado 7°, I. E. Las Puentes)

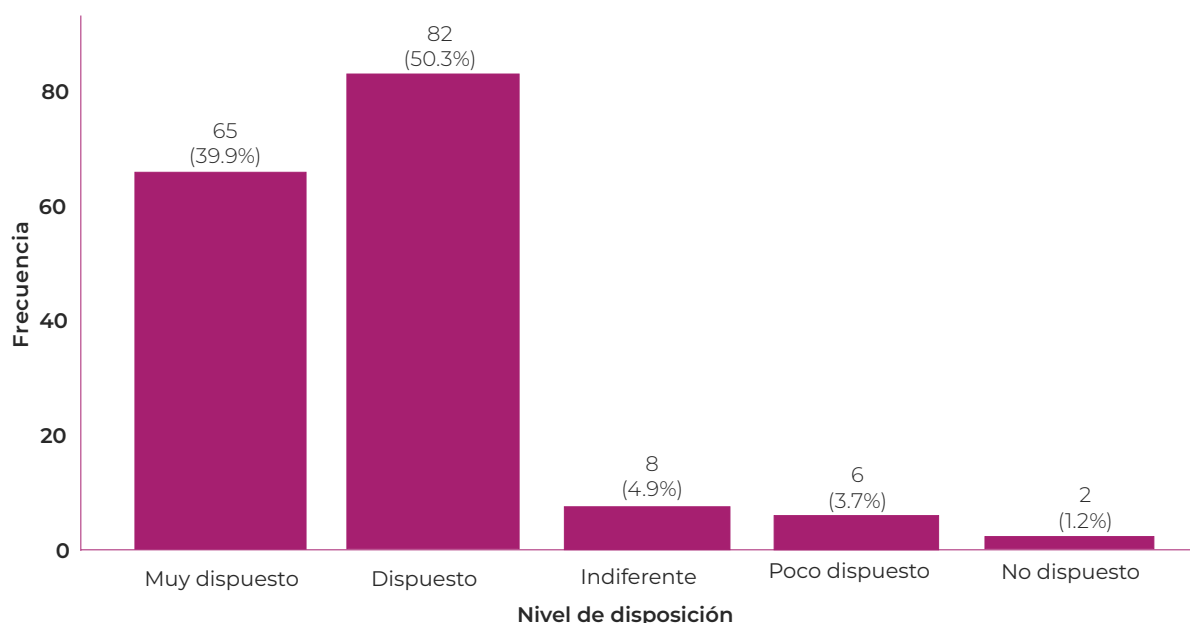
Disposición y motivación para capacitarse

La Figura 1 muestra que el 90 % de los estudiantes manifestó estar dispuesto o muy dispuesto a recibir formación adicional en el uso pedagógico de las TIC. Esta disposición también se reflejó en los discursos recogidos en los grupos focales:

Si nos enseñan más, podremos hacer mejores trabajos y ayudar más al planeta. (Estudiante, grado 8°, I. E. Palo Blanco)

Figura 1

Disposición de los estudiantes para recibir capacitación en TIC orientada a la educación ambiental



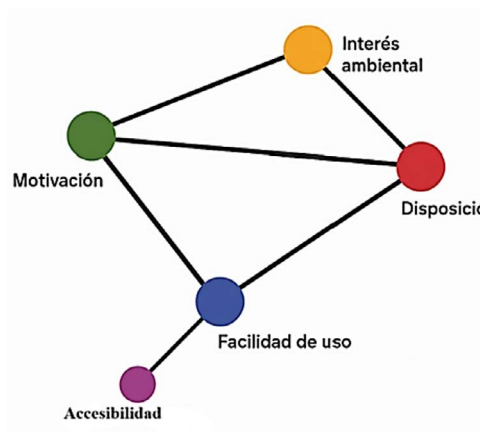
Este hallazgo refuerza el potencial de diseñar programas formativos contextualizados que fortalezcan competencias digitales para la sostenibilidad (Araujo y Benati, 2019; Brečka *et al.*, 2022).

Usabilidad de las TIC y percepción de accesibilidad

La relación entre facilidad de uso y disposición para recibir formación adicional adquiere una configuración especialmente relevante en el contexto rural analizado. En la Figura 2 se aprecia una articulación clara entre la percepción de accesibilidad, la motivación y el interés ambiental, lo que sugiere que la experiencia concreta con tecnologías intuitivas actúa como un punto de entrada para dinamizar procesos formativos más complejos.

Figura 2

Mapa de relaciones entre percepción de usabilidad de las TIC y disposición para capacitarse



El patrón observado indica que, cuando las herramientas digitales se presentan como entornos manejables y comprensibles, los estudiantes tienden a involucrarse con mayor apertura en actividades que requieren exploración tecnológica y resolución de problemas. Esta respuesta no solo depende de la interactividad de las plataformas, sino también de la manera en que dichas tecnologías se insertan en prácticas pedagógicas con sentido local. En los grupos focales emergió con claridad la noción de *confianza tecnológica*, expresada en frases espontáneas como la siguiente:

Es fácil trabajar con estas aplicaciones porque son como juegos, y eso nos anima a aprender más. (Estudiante, grado 6º, I. E. Las Puentes)

La explicación de este fenómeno demanda incorporar una dimensión generacional. Diversos análisis han mostrado que los llamados *nativos digitales* desarrollan, desde edades tempranas, esquemas cognitivos vinculados a la experimentación, la navegación exploratoria y la resolución intuitiva de tareas digitales. No se trata de una competencia técnica avanzada, sino de una disposición cognitivo-afectiva que reduce la ansiedad ante interfaces nuevas y favorece la apropiación gradual de recursos digitales, incluso en condiciones de conectividad limitada. En consecuencia, el estudiantado rural que cuenta con algún grado de exposición previa a dispositivos móviles o plataformas multimedia tiende a apropiarse de las herramientas educativas con mayor fluidez que generaciones anteriores, aun cuando dichas experiencias están mediadas por intermitencias en el acceso.

Este comportamiento es consistente con lo reportado en investigaciones que vinculan la familiaridad digital con una mayor predisposición a adoptar innovaciones educativas, particularmente cuando las tecnologías se integran mediante estrategias lúdicas o colaborativas (Rueda Ortiz y Quintana Ramírez, 2013; Maríanty *et al.*, 2021). De hecho, el cruce entre accesibilidad percibida, motivación e interés ambiental registrado en la Figura 2 refuerza la idea de que la tecnopedagogía adquiere sentido cuando habilita experiencias emocionalmente positivas y cognitivamente significativas. Así, la interfaz deja de ser un obstáculo y se transforma en un anclaje para construir conocimiento situado.

En conjunto, estos resultados permiten reconocer que la accesibilidad—entendida como la percepción de facilidad y no solamente como la disponibilidad de equipos—constituye un determinante pedagógico clave. Cuando el estudiantado experimenta tecnologías que dialogan con sus repertorios previos, la disposición a formarse aumenta y se consolidan procesos de participación ambiental mediados por TIC. Aunque no elimina las desigualdades estructurales, este mecanismo amplía las rutas de apropiación tecnológica en contextos donde la infraestructura y la conectividad son limitadas.

Participación en proyectos de sostenibilidad

La participación estudiantil en iniciativas ambientales no puede reducirse a la ejecución de tareas asignadas; se configura como un proceso formativo que involucra implicación afectiva, análisis crítico, interacción social y toma de decisiones con sentido público. La literatura reciente sobre ciencia ciudadana y proyectos de indagación comunitaria con jóvenes muestra incrementos significativos en conocimientos científicos, habilidades para la investigación, sentido de pertenencia territorial y disposición a actuar frente a problemáticas ambientales cuando la participación se desarrolla mediante actividades colaborativas y situadas (Ballard *et al.*, 2024).

En contextos rurales, una participación con enfoque territorial supone leer historias ambientales locales, reconocer desigualdades vinculadas a la gestión del ambiente y deliberar colectivamente sobre alternativas de cuidado (Cicchino *et al.*, 2023). No obstante, estudios latinoamericanos advierten que factores como modelos escolares tradicionales, tiempos institucionales limitados o recursos insuficientes pueden obstaculizar la participación transformadora, lo que refuerza la necesidad de diseños didácticos que favorezcan la voz estudiantil, la corresponsabilidad y la continuidad organizacional (Bravo *et al.*, 2023).

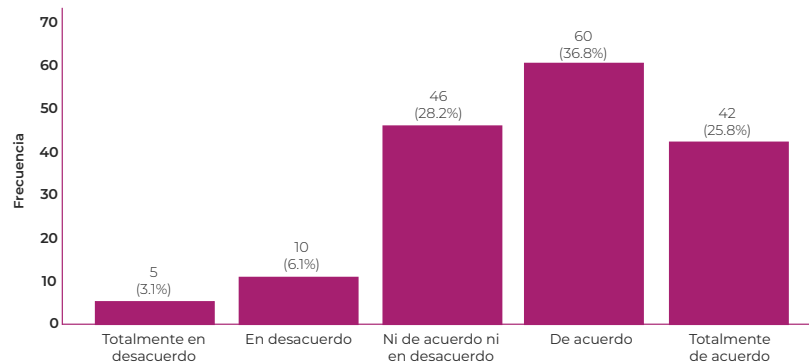
Integrar salidas de campo, diagnósticos participativos, el registro digital de evidencias y espacios de deliberación con apoyo de las TIC fortalece la agencia juvenil y su capacidad para interpretar y transformar su entorno. Cuando se enmarcan en proyectos con oportunidad real de acción, estas prácticas tienden a traducirse en compromisos ambientales sostenidos y en aprendizajes que combinan análisis socioecológico con habilidades digitales (Ardoin *et al.*, 2020; Ballard *et al.*, 2024). Desde esta perspectiva, la participación se entiende como un proceso de agencia situada que articula indagación, colaboración y responsabilidad comunitaria.

La Figura 3 muestra que el 62.4 % del estudiantado percibe que las TIC han ampliado su participación en iniciativas ambientales. Este resultado se ilustra en testimonios como el siguiente:

Con los mapas que hicimos en línea pudimos mostrarle a la comunidad dónde había más problemas de basura y organizar jornadas de limpieza. (Estudiante, grado 9°, I. E. Palo Blanco)

Figura 3

Nivel de acuerdo: "las TIC me ayudan a participar más activamente en proyectos de sostenibilidad"



Estos datos evidencian que, además de facilitar la comprensión conceptual, las TIC actúan como catalizadoras de prácticas transformadoras en el contexto escolar (Hasin y Nasir, 2021; Hernández Almanza, 2021).

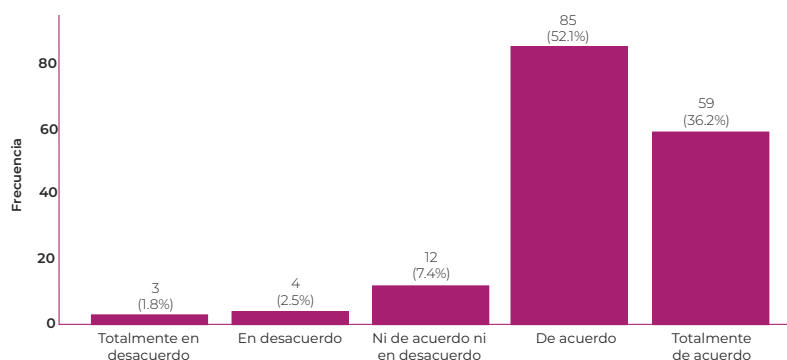
Potencial de las tic en la investigación escolar

Como se presenta en la Figura 4, el 88.3 % de los estudiantes expresó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con el uso de las TIC como apoyo para la investigación científica. En las entrevistas, varios docentes destacaron un cambio significativo en la manera en que los estudiantes se aproximan a procesos de indagación:

Los estudiantes ahora consultan fuentes en línea y diseñan experimentos sencillos; antes no lo hacían por falta de confianza con la tecnología. (Docente, I.E. Las Puentes)

Figura 4

Opinión sobre el potencial de las TIC para impulsar la investigación científica ambiental



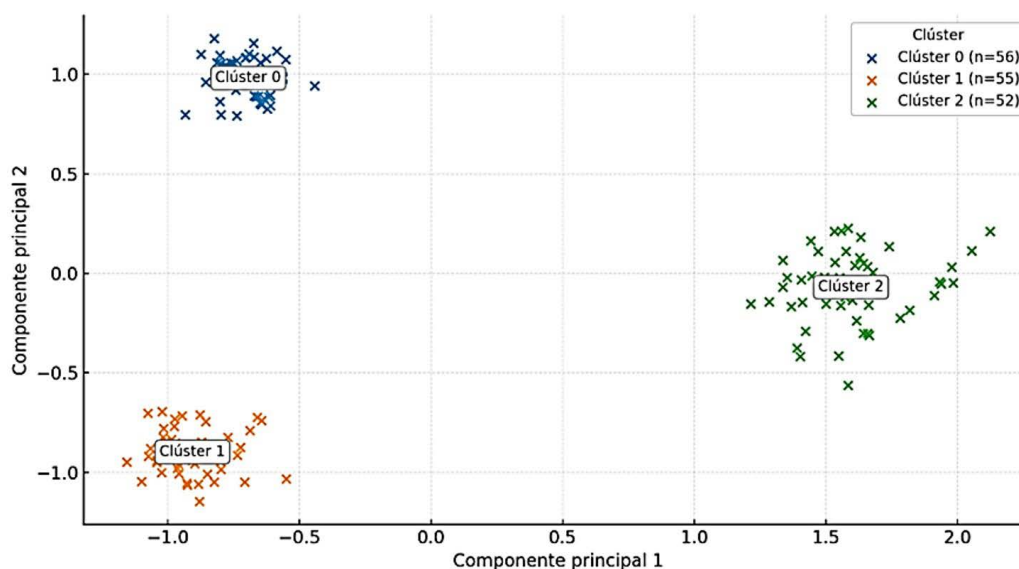
Este hallazgo refuerza la percepción de las TIC como mediadoras de experiencias investigativas desde edades tempranas (Cho y Park, 2023; Rodríguez-Loinaz et al., 2022).

Segmentación de perfiles estudiantiles

Un análisis multivariado con componentes principales permitió identificar tres perfiles de estudiantes (Figura 5).

Figura 5

Agrupamiento temático de percepciones estudiantiles sobre el uso de las TIC en la educación ambiental



Se observaron los siguientes clústeres:

- **Clúster 2:** alta disposición a capacitarse, elevado interés ambiental y experiencia previa en el uso de las TIC.
- **Clúster 1:** valoración positiva de las TIC con barreras de acceso asociadas a conectividad limitada o disponibilidad de dispositivos.
- **Clúster 0:** menor familiaridad tecnológica y percepciones más neutras sobre el valor educativo de las TIC.

Esta segmentación aporta insumos clave para el diseño de estrategias pedagógicas diferenciadas que se ajusten a los perfiles identificados.

Desafíos persistentes y brecha digital

Pese a los avances reportados, el 58.2 % de los estudiantes señaló que utiliza las TIC de manera ocasional, lo que evidencia limitaciones asociadas a problemas de

conectividad, escasez de equipos o insuficiente integración curricular. Este escenario coincide con las alertas planteadas por Barbosa Durán (2022) y Ayuy *et al.* (2025): la desigualdad digital sigue siendo un factor crítico en zonas rurales.

Cambios actitudinales y producción creativa

Los hallazgos cualitativos muestran que el 93 % de los estudiantes manifestó mayor compromiso con el cuidado ambiental tras participar en las actividades del modelo, mientras que el 91 % del profesorado reportó un aumento en la motivación y en la participación estudiantil. Durante el proceso, se produjeron más de 150 recursos digitales—incluyendo infografías, juegos interactivos, campañas escolares y mapas mentales—que fueron compartidos en espacios institucionales. Este aspecto fue destacado por un docente de la I. E. Palo Blanco:

Nunca pensamos que los niños podían crear cosas tan innovadoras; ahora incluso proponen talleres para otras escuelas.

Estos hallazgos confirman que la combinación de tecnología, creatividad y conciencia ecológica se consolidó como un eje articulador del cambio pedagógico (Ntanos *et al.*, 2018; Toma *et al.*, 2023).

Discusión

La implementación del MIPST evidenció una relación coherente y consistente entre el uso pedagógico de las TIC y el fortalecimiento del aprendizaje ambiental en contextos rurales. Los resultados confirman la hipótesis inicial: el acceso mediado, contextualizado y culturalmente pertinente a herramientas digitales potencia no solo la comprensión conceptual, sino también la disposición activa del estudiante hacia la sostenibilidad. El incremento del 18.5 % en el desempeño académico no constituye un indicador aislado; refleja una transición de prácticas expositivas hacia metodologías participativas en las que la interacción, la producción creativa y la colaboración adquieren centralidad (Herrera-Enríquez, 2023; Ramírez Suárez *et al.*, 2023).

El uso funcional y autónomo de plataformas digitales por parte del 87 % del estudiantado confirma un proceso de alfabetización digital emergente que coincide con investigaciones que consideran las TIC como mediaciones que amplían la autonomía cognitiva y la capacidad de organización del conocimiento (Ilomäki y Lakkala, 2018; Ocampo-López *et al.*, 2023). Aun así, la integración tecnológica no fue homogénea. Los clústeres identificados evidencian que la apropiación digital está condicionada por diferencias en infraestructura, experiencia previa y actitudes individuales, en línea con estudios que advierten la persistencia de brechas en territorios rurales (Barbosa Durán, 2022; González-González *et al.*, 2021).

En este escenario, las tecnologías digitales adquieren sentido formativo cuando se articulan con una intencionalidad pedagógica orientada a la justicia socioecológica. Las TIC reconfiguran la ecología del aula al favorecer prácticas activas y situadas, donde los datos científicos se vinculan con experiencias campesinas y problemá-

ticas ambientales reconocidas como parte de la vida cotidiana (Hajj-Hassan *et al.*, 2024). Sin embargo, la literatura coincide en señalar que la sostenibilidad de estas transformaciones depende de factores operativos (infraestructura, conectividad, formación docente) que requieren políticas estables, apoyos institucionales continuos y propuestas didácticas ajustadas al territorio (Mustafa *et al.*, 2024). Cuando estas condiciones se atienden progresivamente, los entornos digitales permiten prácticas de indagación ambiental inaccesibles con recursos exclusivamente analógicos, como simulaciones climáticas, monitoreo ambiental con sensores de bajo costo o visualización georreferenciada (Wijanarko y Novitasari, 2024).

Una lectura sociocultural de lo digital permite comprender las TIC como mediaciones que reorganizan prácticas discursivas, accesos a la evidencia y relaciones de poder en el aula. Bajo este enfoque, la pregunta deja de ser cómo ‘usar correctamente’ la tecnología, para examinar desde qué propósitos, con qué actores y hacia qué formas de alfabetización ecológica crítica se emplean los recursos digitales (Giroux, 2020; Hajj-Hassan *et al.*, 2024). Esta perspectiva amplía las posibilidades de diseñar trayectorias curriculares que articulen investigación, diálogo y acción con problemáticas socioambientales locales.

La correlación positiva entre percepción de usabilidad y disposición a capacitarse subraya la importancia de trabajar la accesibilidad cognitiva. La familiaridad tecnológica atribuida a las nuevas generaciones no garantiza, por sí sola, procesos sostenidos de integración pedagógica; se requieren escenarios donde la tecnología resulte comprensible, significativa y coherente con las culturas escolares (Rueda Ortiz y Quintana Ramírez, 2013). Nuestra intervención avanzó en esa dirección al promover una resignificación ética de las TIC como herramientas articuladas con el cuidado del entorno.

El 62.4 % del estudiantado señaló que las TIC ampliaron su participación en iniciativas ambientales. Este resultado refuerza la evidencia internacional que posiciona la tecnología como puente para la acción transformadora cuando se integra en dinámicas colaborativas con sentido comunitario (Hasin y Nasir, 2021; Hernández Almanza, 2021). La participación observada desbordó la ejecución de tareas asignadas e incluyó el análisis crítico de problemas locales, la elaboración de contenidos escolares y la organización de acciones ambientales, en línea con enfoques que vinculan agencia juvenil, alfabetización ecológica y construcción de ciudadanía crítica.

La pertinencia de estos procesos se acentúa en un contexto global en el que 2024 fue identificado como el año más cálido jamás registrado (ONU, 2025). En vista de lo anterior, la formación de niños, niñas y adolescentes como agentes activos en la protección ambiental se convierte en un imperativo educativo y ecológico.

Nuestros resultados se alinean con los propósitos de la Agenda 2030. La integración situada de las TIC contribuye simultáneamente a mejorar la calidad educativa (ODS 4), a reducir desigualdades territoriales (ODS 10) y a fortalecer la acción por el clima (ODS 13), siempre que se eviten abordajes fragmentados y se prioricen prácticas pedagógicas coherentes y culturalmente relevantes (Shulla *et al.*, 2020).

En este estudio, el 88.3 % del estudiantado valoró positivamente el uso de las TIC como apoyo a la investigación ambiental, lo que amplía el repertorio metodológico hacia enfoques exploratorios y colaborativos (Doychinova, 2023; Rodríguez-Loinaz *et al.*, 2022). La convergencia entre indagación escolar y tecnologías emergentes abre oportunidades de innovación, pero también plantea desafíos éticos y pedagógicos que deben ser atendidos en las políticas de formación docente y educación rural (Molina-Pacheco y Mesa-Jiménez, 2018; Reddy, 2021).

La identificación de tres perfiles estudiantiles mediante análisis multivariado aporta evidencia para diseñar rutas pedagógicas diferenciadas y sensibles a la diversidad interna de las comunidades rurales. Este hallazgo refuerza la necesidad de estrategias flexibles que articulen equidad, pertinencia y sostenibilidad en la integración tecnológica (Araujo y Benati, 2019). Aunque este estudio presenta limitaciones derivadas de su alcance geográfico y temporal, también ofrece evidencia robusta para orientar investigaciones futuras que amplíen la escala territorial e involucren a familias y redes comunitarias en los procesos de apropiación tecnológica.

En conjunto, la intersección entre la pedagogía crítica, la participación estudiantil y el uso situado de las TIC muestra un potencial transformador significativo. Su impacto no es automático ni lineal; depende de condiciones materiales, marcos pedagógicos coherentes y compromisos institucionales sostenidos. Cuando estos elementos convergen, las TIC se consolidan como mediaciones éticas y culturales capaces de fortalecer la formación de sujetos que interpretan, deliberan y transforman su territorio.

Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación confirman que la integración pedagógica de las TIC en contextos rurales trasciende su valor instrumental y se configura como una mediación capaz de enriquecer la comprensión ambiental, activar la participación estudiantil y fortalecer la justicia socioecológica dentro de la escuela. El incremento del rendimiento académico—reflejado en una mejora del 18.5 % en el promedio general—no debe interpretarse como un resultado aislado, sino como el síntoma de una transición metodológica: del énfasis expositivo tradicional hacia experiencias de indagación, diálogo y producción creativa adaptadas al territorio.

El reconocimiento positivo de las TIC por parte del 88.3 % del estudiantado y la ampliación de su involucramiento en proyectos de sostenibilidad—reportado por el 62.4 %—evidencian que, cuando se inserta en prácticas curriculares culturalmente situadas, la mediación digital potencia la agencia juvenil y habilita procesos reflexivos sobre los problemas socioambientales que afectan la vida cotidiana en las comunidades rurales. Lejos de ser un simple facilitador, lo digital adquiere un espesor pedagógico que vincula conocimiento, afectividad y acción.

La identificación de tres perfiles diferenciados de apropiación tecnológica demuestra que la alfabetización digital rural no es homogénea y que la equidad no se garantiza únicamente con la provisión de dispositivos o conectividad. En consecuencia, los modelos pedagógicos deben asumir esta diversidad como un pun-

to de partida para diseñar trayectorias formativas flexibles, capaces de responder a experiencias, motivaciones y repertorios digitales profundamente disímiles. Esta variabilidad, lejos de constituir un obstáculo, abre oportunidades para desarrollar propuestas tecnopedagógicas más inclusivas y efectivamente sensibles al contexto.

Los resultados también ponen de relieve que la educación ambiental anclada en problemas territoriales reales representa un camino eficaz para consolidar aprendizajes significativos y prácticas de corresponsabilidad ecológica. En este marco, las TIC permiten ampliar la mirada del estudiantado, facilitar la visualización de datos, favorecer el análisis crítico y promover la comunicación de hallazgos hacia la comunidad, contribuyendo así a consolidar una alfabetización ecológica crítica y coherente con las demandas contemporáneas.

Por último, la puesta en práctica del MIPST demostró que es posible articular la innovación tecnológica, el enfoque de sostenibilidad y la justicia educativa mediante estrategias culturalmente pertinentes. En conjunto, los resultados aportan evidencia sólida de que la integración situada de las TIC contribuye de manera directa al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, especialmente los ODS 4, 10 y 13, y fortalece la capacidad de las escuelas rurales para formar sujetos críticos, participativos y comprometidos con la transformación de su territorio. En esta confluencia entre pedagogía crítica, participación estudiantil y mediación digital reside el potencial más significativo de la educación ambiental en contextos de vulnerabilidad estructural.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las instituciones educativas rurales del municipio de Zapoteca por su participación y apertura durante el desarrollo de esta investigación. Asimismo, expresan su reconocimiento a los docentes y estudiantes que contribuyeron de manera significativa al proceso de recolección de información y a la validación de las actividades pedagógicas implementadas.

Contribución de los autores

Luis Serrano-Ardila: conceptualización, metodología, investigación, administración del proyecto, análisis formal, redacción (borrador original).

Rubén Baena-Navarro: conceptualización, validación, análisis formal, visualización, redacción (revisión y edición).

Yulieth Carriazo-Regino: curación de datos, *software*, investigación, redacción (revisión y edición).

Declaración de la fuente de financiación

La presente investigación no recibió financiación externa proveniente de entidades públicas, privadas o institucionales. Este estudio fue desarrollado con recursos propios de los autores y con el respaldo académico de sus instituciones, sin intervención financiera en el diseño, la ejecución, el análisis o la redacción del manuscrito.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés relacionado con la investigación, los resultados obtenidos o la publicación de este manuscrito.

Declaración de uso de inteligencia artificial

Durante la preparación de este manuscrito, los autores no emplearon herramientas de inteligencia artificial generativa para redactar, analizar, interpretar o estructurar el contenido académico. El desarrollo conceptual, metodológico y argumentativo fue realizado íntegramente por los autores. Únicamente se utilizaron herramientas convencionales de corrección ortográfica y de estilo, sin impacto sustantivo en la construcción intelectual del artículo. Los autores asumen plena responsabilidad por el contenido final aquí presentado.

Referencias

- Araujo, L. R. P., y Benati, K. R. (2019). Limites e possibilidades do uso das TIC como ferramenta para a educação ambiental. *Revista Monografias Ambientais*, 17, 7. <https://doi.org/10.5902/2236130834847>
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., y Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Ayuy, A. N. C., González, M. M., y Sarango, R. A. C. (2025). Integración de los TICs en el aula rural: experiencias, desafíos y conclusiones. *Revista LATAM*, 6(3), 2234-2242. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4107>
- Ballard, H. L., Lindell, A. J., y Jadallah, C. C. (2024). Environmental education outcomes of community and citizen science: A systematic review of empirical research. *Environmental Education Research*, 30(6), 1007-1040. <https://doi.org/10.1080/13504622.2024.2348702>
- Barbosa Durán, W. A. (2022). The gap in access to information and communication technologies in rural Colombia. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 2(1), 513-515. <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-5713>
- Bravo, G. P., Castillo, M. E., Díaz, L., y Valenzuela, S. (2023). Determinants of the implementation of participatory actions in environmental education with children and adolescents in Chile. *Environmental Education Research*, 30(5), 794-806. <https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2240042>
- Brečka, P., Valentová, M., y Tureková, I. (2022). Digital technologies in environmental education. *TEM Journal*, 11(2), 726-730. <https://doi.org/10.18421/TEM112-28>

- Cho, Y., y Park, K. S. (2023). Designing immersive virtual reality simulation for environmental science education. *Electronics*, 12(2), 315. <https://doi.org/10.3390/electronics12020315>
- Cicchino, A. S., Weinberg, A. E., McMeeking, L. B. S., y Balgopal, M. M. (2023). Critical pedagogy of place to enhance ecological engagement activities. *Conservation Biology*, 37(2), e14023. <https://doi.org/10.1111/cobi.14023>
- Doychinova, K. (2023). Teaching methods based on constructivism in environmental education. *Acta Scientifica Naturalis*, 10(2), 97-108. <https://doi.org/10.2478/asn-2023-0017>
- Giroux, H. A. (2020). *On critical pedagogy* (2da ed.). Bloomsbury. <https://www.bloomsbury.com/uk/on-critical-pedagogy-9781350144996>
- González-González, C. S., Muñoz-Arteaga, J., y Collazos, C. A. (2021). Educational inclusion through ICT. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 16(4), 352-354. <https://doi.org/10.1109/RITA.2021.3137256>
- Hajj-Hassan, M., Chaker, R., y Cederqvist, A.-M. (2024). Environmental education: A systematic review on the use of digital tools for fostering sustainability awareness. *Sustainability*, 16(9), 3733. <https://doi.org/10.3390/su16093733>
- Hasin, I., y Nasir, M. K. M. (2021). The effectiveness of the use of information and communication technology (ICT) in rural secondary schools in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 10(1), 618-626. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1289656>
- Hernández Almanza, G. A. (2021). Metodología TIC en la enseñanza de educación ambiental para el desarrollo sostenible. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, 23(40), 129-145. <https://doi.org/10.36737/01230425.n40.2021.2461>
- Herrera-Enríquez, V. N. (2023). Estrategias de aprendizaje híbrido para mejorar la equidad educativa en zonas rurales. *Revista Ciencia y Medioambiente*, 1(1), 10. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v1/n1/10>
- Hurtado, J. (2015). *El proyecto de investigación: comprensión holística de la metodología y la investigación* (8a ed.). Ediciones Quirón.
- Ilomäki, L., y Lakkala, M. (2018). Digital technology and practices for school improvement: Innovative digital school model. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 13(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s41039-018-0094-8>
- Ma, L., Shahbaz, P., Haq, S. ul, y Boz, I. (2023). Exploring the moderating role of environmental education in promoting a clean environment. *Sustainability*, 15(10), 8127. <https://doi.org/10.3390/su15108127>

- Marianty, D., Lerik, M. D. C., y Anakaka, D. L. (2021). Academic confidence in students of the Faculty of Public Health, University of Nusa Cendana. *Journal of Health and Behavioral Science*, 3(2), 118-129. <https://doi.org/10.35508/jhbs.v3i2.3603>
- Martinez, L., y Moreno Sierra, D. F. (2022). Educación ambiental crítica freireana: análisis de corrientes y aportes para la formación de profesores. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (52), 47-64. <https://doi.org/10.17227/ted.num52-16501>
- Molina-Pacheco, L. E., y Mesa-Jiménez, F. Y. (2018). Las TIC en escuelas rurales: realidades y proyección para la integración. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(21), 75-90. <https://doi.org/10.19053/22160159.v9.n21.2018.8924>
- Mustafa, F., Nguyen, H. T. M., y Gao, X. (2024). The challenges and solutions of technology integration in rural schools: A systematic literature review. *International Journal of Educational Research*, 127, 102380. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102380>
- Naciones Unidas (ONU) (2025). *El 2024 fue el año más caliente jamás registrado, superando por 1,5 °C el nivel preindustrial*. UN News. <https://news.un.org/es/story/2025/01/1535626>
- Ntanos, S., Kyriakopoulos, G. L., Arabatzis, G., Palios, V., y Chalikias, M. (2018). Environmental behavior of secondary education students: A case study at Central Greece. *Sustainability*, 10(5), 1477. <https://doi.org/10.3390/su10051663>
- Ocampo López, C., Muñoz Blandón, O., Rendón Castrillón, L., y Ramírez Carmona, M. (2023). Post digital learning for rural development: A case study of open Biotec MOOCs in Colombia. *Future Internet*, 15(4), 141. <https://doi.org/10.3390/fi15040141>
- Ramírez Suárez, V., Acosta Castellanos, P. M., Castro Ortegón, Y. A., y Queiruga Dios, A. (2023). Current state of environmental education and education for sustainable development in primary and secondary schools in Boyacá, Colombia. *Sustainability*, 15(13), 10139. <https://doi.org/10.3390/su151310139>
- Reddy, C. (2021). Environmental education, social justice and teacher education: Enabling meaningful environmental learning in local contexts. *South African Journal of Higher Education*, 35(1), 161-177. <https://doi.org/10.20853/35-1-4427>
- Rodríguez Loinaz, G., Ametzaga Arregi, I., y Palacios Agundez, I. (2022). ICT tools and citizen science: A pathway to promote science learning and education for sustainable development in schools. *Journal of Biological Education*, 58(3), 609-625. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2092192>
- Rueda Ortiz, R., y Quintana Ramírez, A. (2013). *Ellos vienen con el chip incorporado: Aproximación a la cultura informática escolar* (3a ed.). Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico. <https://core.ac.uk/download/pdf/326433502.pdf>

- Shulla, K., Filho, W. L., Lardjane, S., Sommer, J. H., y Borgemeister, C. (2020). Sustainable development education in the context of the 2030 Agenda for Sustainable Development. *International Journal of Sustainable Development y World Ecology*, 27(5), 458-468. <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1721378>
- Toma, F., Ardelean, A., Grădinaru, C., Nedelea, A., y Diaconu, D. C. (2023). Effects of ICT integration in teaching using learning activities. *Sustainability*, 15(8), 6885. <https://doi.org/10.3390/su15086885>
- Voncken, L., Albers, C. J., y Timmerman, M. E. (2019). Improving confidence intervals for normed test scores: Include uncertainty due to sampling variability. *Behavior Research Methods*, 51(2), 826-839. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1122-8>
- Wijanarko, T., y Novitasari, S. D. (2024). Digital technology to support environmental education in schools. *AIP Conference Proceedings*, 2940, 020021. <https://doi.org/10.1063/5.0234689>
- Yang, C., Wang, T., y Xiu, Q. (2025). Towards a sustainable future in education: A systematic review and framework for inclusive education. *Sustainability*, 17(9), 3837. <https://doi.org/10.3390/su17093837>

Citar artículo como:

Serrano-Ardila, L., Baena-Navarro, R. y Carriazo-Regino, Y. (2026). Educación ambiental mediada por las TIC: transformación pedagógica en escuelas rurales vulnerables de Colombia. *Educación y Ciudad*, (50), e3467. <https://doi.org/10.36737/01230425.3467>

Fecha de recepción: 27 de julio de 2025

Fecha de aceptación: 3 de diciembre de 2025

