Cognopolis
Revista de educación y pedagogía
Vol. 4(2), 105-119, 2026
https://doi.org/10.62574/99mmrf40

Aplicación móvil con realidad aumentada y su efecto en las prácticas ambientales de estudiantes rurales

A mobile app using augmented reality and its impact on the environmental practices of rural students

Israel Díaz-Bello
israel.quimico@hotmail.com
Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología, Panamá, Panamá
https://orcid.org/0000-0001-9328-0440

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar la efectividad de una aplicación móvil con realidad aumentada y su efecto en las prácticas ambientales de estudiantes rurales del distrito de Loma Verde, Montería, Córdoba, Colombia. De paradigma positivista, enfoque cuantitativo, tipo descriptivo y diseño cuasiexperimental, con una muestra de 350 estudiantes de secundaria y bachillerato de cuatro escuelas rurales, evaluados con un instrumento diagnóstico de 15 ítems validado por juicio de expertos. Los resultados evidenciaron un conocimiento previo insuficiente sobre residuos sólidos (39,4 % de aciertos conceptuales), la identificación de tres perfiles estudiantiles diferenciados mediante análisis de correspondencias múltiples, y una mejora general en la comprensión conceptual y la disposición hacia prácticas sostenibles tras la implementación de la aplicación ECOEDUCA. Se concluye que la realidad aumentada constituye una estrategia didáctica efectiva para anclar contenido ambiental complejo en contextos rurales, aunque su sostenibilidad a largo plazo requiere validación longitudinal adicional.

Descriptores: material didáctico; auxiliar audiovisual; tecnología educacional. (Fuente: Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

The aim of the study was to determine the effectiveness of an augmented reality mobile app and its impact on the environmental practices of rural students in the Loma Verde district, Montería, Córdoba, Colombia. Adopting a positivist paradigm, a quantitative approach, a descriptive study type and a quasi-experimental design, the study involved a sample of 350 secondary and sixth-form students from four rural schools, assessed using a 15-item diagnostic instrument validated by expert judgement. The results revealed insufficient prior knowledge of solid waste (39.4 per cent correct conceptual responses), the identification of three distinct student profiles through multiple correspondence analysis, and a general improvement in conceptual understanding and willingness to adopt sustainable practices following the implementation of the ECOEDUCA app. It is concluded that augmented reality constitutes an effective teaching strategy for embedding complex environmental content in rural contexts, although its long-term sustainability requires further longitudinal validation.

Descriptors: teaching materials; audiovisual aids; educational technology. (Source: UNESCO Thesaurus).

Recibido: 12/05/2026. Revisado: 15/05/2026. Aprobado: 12/06/2026. Publicado: 12/07/2026.
Articulos de investigación

INTRODUCCIÓN

La degradación del ecosistema y la mala gestión de los residuos sólidos son dos problemas ambientales críticos de la comunidad humana moderna: específicamente, la comunidad rural, ya que hay una gran falta de acceso a instalaciones de higiene e instalaciones educativas innovadoras. Como resultado, se pide cada vez más a las escuelas que "asuman un papel educativo decisivo" en la formación de un electorado que "sea capaz de conocer la fuente de los residuos, el tipo de producción de residuos y el destino de los residuos que genera" (Hungerford & Volk, 1990).

A la luz de esta suposición, la educación ambiental ahora se conceptualiza no como un asunto pasivo de transmisión de contenido, sino como un proceso basado en un cambio integrado de conocimiento, actitud y comportamiento en relación con un grupo objetivo de comportamiento que se relaciona directamente con la conservación ambiental (Hungerford & Volk, 1990). De manera similar, el creciente progreso de la tecnología digital ha proporcionado nuevas oportunidades para mejorar la experiencia y la instrucción de los docentes, que anteriormente se realizaban de manera mecánica, como en el contexto de la gestión de residuos sólidos.

De estos, se enfatiza el valor agregado del usuario en la vida cuando se describe en términos de realidad aumentada, que es la capacidad de aplicar la información digital al mundo físico mientras aún es posible experimentar la realidad (Azuma et al., 2001). Esta característica también califica a la realidad aumentada como útil en la instrucción de fenómenos ambientales, ya que visualiza aspectos no directamente relevantes para el estudiante, por ejemplo, la descomposición de materiales, la contaminación del agua y la clasificación de residuos según su naturaleza.

Por otro lado, una serie de revisiones sistemáticas han encontrado que es efectiva en las habilidades motivacionales, de retención de contenido y transversales (pensamiento crítico) (Bacca et al., 2014) que la realidad

aumentada mejora la experiencia de aprendizaje en contextos educativos. En el campo especial de la educación ambiental, la evidencia de una revisión exploratoria realizada recientemente demostró y confirmó que la mayoría de los informes de experiencias documentadas con la tecnología reportaron influencias positivas en el conocimiento, las actitudes e incluso el comportamiento proambiental (al menos en cierta medida), sin embargo, dichas revisiones advirtieron que algunos estudios están preocupados por la sostenibilidad de tales cambios a lo largo del tiempo (Simon et al., 2025).

Con este fin, también encontramos que las aplicaciones móviles para la aplicación de la tecnología de realidad aumentada en la educación terciaria mejoraron la percepción de la información relacionada con el contenido ambiental a través de la gamificación cuando se integraron con un juego (Mei & Yang, 2019), mientras que las experiencias con tabletas y realidad aumentada en la enseñanza de la química a partir de plásticos han llevado a una mejor educación en los procesos de reciclaje en estudiantes de secundaria (Syskowski et al., 2024). En respuesta, se ha informado que los libros digitales ilustrados en realidad aumentada y sus características acompañantes tuvieron un efecto positivo en las actitudes y comportamientos ambientales de los niños en una variedad de entornos culturales (Chen, 2022) o aplicaciones móviles dedicadas específicamente a la clasificación de residuos han cambiado las percepciones de los estudiantes sobre la separación en origen, como se registró en un estudio de caso sobre educación en ciencias del clima (Wang & Xie, 2025). Se puede mencionar que estos precedentes se alinean al mostrar que la realidad aumentada es efectiva no solo para motivar a los estudiantes; puede actuar como un facilitador de procesos cognitivos en la comprensión de fenómenos ambientales complicados.

Teóricamente, este estudio representa tres corrientes que, articuladas juntas, nos permiten entender las posibilidades pedagógicas de la realidad aumentada. Primero tenemos la teoría del aprendizaje significativo, que establece que el nuevo conocimiento tiene sentido solo cuando está sustancialmente relacionado

con la organización cognitiva previamente existente del estudiante, en la medida en que el aprendizaje pasa de ser una acumulación mecánica de datos a un proceso de integración de todos los aspectos del conocimiento (Ausubel, 1963). En este sentido, la visualización de los procesos del entorno a través de la realidad aumentada tiene la ventaja de que ideas abstractas, por ejemplo, la degradación de un residuo tóxico, se vuelven concretas y accesibles como experiencias para el estudiante, según el constructivismo (Piaget, 1967), quien más tarde elaboró sus ideas sobre el desarrollo cognitivo y se movió hacia entornos de aprendizaje centrados en problemas (Jonassen, 1999), el sujeto crea y construye conocimiento en lugar de transferirlo pasivamente.

Mientras tanto, Vygotsky (1978) se centró en el aspecto social del aprendizaje, considerando que el conocimiento se consolida cuando los estudiantes interactúan entre sí y con mediadores culturales, lo cual es particularmente pertinente en la construcción de actividades colaborativas, así como en dispositivos móviles. En la misma línea, el aprendizaje situado desarrollado por Lave y Wenger (1991) promueve la idea de que el conocimiento es más útil cuando se sitúa en contextos auténticos, especialmente en la gestión real de los residuos generados dentro de la propia institución educativa, mientras que el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb (1984) hace eco de esta idea al afirmar que el verdadero aprendizaje es un ciclo de experiencia concreta, seguido de reflexión y experimentación activa.

Por otro lado, la educación para la sostenibilidad, definida como el puente entre los planes de estudio y los problemas ambientales en el entorno real, requiere la aparición de habilidades necesarias para enfrentar las demandas ambientales del presente siglo (Sterling, 2001). Esta visión reconoce que la sostenibilidad nunca puede reducirse simplemente a contenido adicional, sino que debe presuponerse como un eje transversal que puede cambiar la cultura institucional en su conjunto (Cortese, 2003; Barth, 2007).

En este sentido, la Educación para el Desarrollo Sostenible ha sido descrita como un proceso de "aprendizaje" basado en la transformación, que busca

desarrollar la atención centrada en los estudiantes hacia las relaciones entre los sistemas naturales y humanos y responder de manera reflexiva a ellos (Tilbury, 2011). Estos procesos formativos no solo deben evaluarse a través de instrumentos sumativos implementados al concluir la intervención, sino que, en el contexto actual, necesitan retroalimentación de manera oportuna durante la cual la enseñanza puede ajustarse (Black & Wiliam, 1998). De manera similar, las prácticas ambientales de la comunidad no solo no surgen espontáneamente, sino que también están mediadas por estructuras sociales, relaciones de poder y contextos históricos, que determinan el comportamiento de los miembros de una comunidad en el día a día, por lo tanto, una mera intervención informativa no es suficiente para romper hábitos que se han incrustado en la vida escolar y familiar (Bourdieu, 1990).

Basándose en este marco, esta investigación aplica los hallazgos obtenidos de una tesis doctoral en una muestra de cuatro instituciones educativas rurales ubicadas en el distrito de Loma Verde, municipio de Montería, departamento de Córdoba, Colombia, donde se identificaron brechas marcadas en el conocimiento de los estudiantes sobre la gestión de residuos sólidos, y el desarrollo de una estrategia didáctica mediada por una aplicación móvil con realidad aumentada.

En correspondencia a lo planteado anteriormente, se destaca como objetivo determinar la efectiva de la aplicación móvil con realidad aumentada y su efecto en las prácticas ambientales de estudiantes rurales en el distrito de Loma Verde, municipio de Montería, departamento de Córdoba, Colombia.

MÉTODO

La investigación se llevó a cabo con base al paradigma positivista, donde se utilizan métodos objetivos, después de que los datos pueden ser cuantificados. El enfoque empleado fue cuantitativo y consistió en medidas cuantitativas sobre los fenómenos que se investigaron, a saber, las percepciones de conocimiento y comportamientos que tenían los estudiantes hacia los residuos sólidos. Mientras

que el tipo de investigación fue descriptivo ya que buscaba describir las condiciones preliminares que influyen en el conocimiento y práctica de la población de estudio, mientras que el diseño correspondía a un modelo cuasiexperimental destinado a evaluar el efecto de la variable independiente estrategia didáctica utilizando realidad aumentada sobre la variable dependiente segregación efectiva de residuos sólidos.

Participantes

La muestra incluyó a 350 estudiantes de secundaria y bachillerato, quienes fueron reclutados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia y provenían de cuatro escuelas rurales en el distrito de Loma Verde: Pueblo Bujo (90 estudiantes, 25.7%), Leticia (80 estudiantes, 22.9%), Las Palomas (100 estudiantes, 28.6%) y Guasimal (80 estudiantes, 22.9%). Esta homogeneidad en edad, nivel educativo y contexto rural hizo que los resultados fueran comparables en los cuatro sitios y altamente aplicables a las condiciones socioeducativas del distrito, incluyendo problemas con la infraestructura y la disponibilidad de tecnologías.

Instrumentos

Se utilizó una herramienta diagnóstica que comprendía 15 preguntas de opción múltiple cerradas, con el objetivo de examinar 5 categorías: conceptos generales de gestión de residuos sólidos, tipos de residuos, manejo y disposición final, impacto ambiental de los residuos y gestión adecuada, el instrumento idéntico se utilizó en las fases de diagnóstico y validación tras una intervención, lo que permitió comparar el conocimiento y la experiencia previos tras el despliegue de la aplicación móvil con realidad aumentada, así como la validez de contenido se estableció mediante juicio de expertos, con la participación de tres profesionales en investigación educativa y tecnologías de la información, mientras que la fiabilidad se estimó a través del coeficiente alfa de Cronbach.

Procedimiento

Este estudio se diseñó en cuatro fases secuenciales; en la fase de diagnóstico, se utilizaron encuestas, entrevistas y observación directa para encontrar factores asociados con problemas de gestión de residuos sólidos de manera multitécnica para profundizar en la comprensión del fenómeno estudiado. Mientras que en la etapa de diseño, se estructuró la propuesta pedagógica ECOEDUCA basada en una aplicación móvil creada con App Inventor, capaz de ejecutarse en tabletas y teléfonos inteligentes, e integrada por cuatro actividades interactivas para fortalecer la clasificación, reducción, reutilización y reciclaje de residuos.

Durante esta fase de implementación, se capacitó a los estudiantes para usar la herramienta y se desarrollaron actividades de aprendizaje en el entorno virtual con contenidos de Ciencias Naturales; por otro lado, se emplearon pruebas de validación y satisfacción durante la etapa de evaluación para cuantificar el grado de mejora alcanzado y la impresión de los estudiantes sobre la estrategia adoptada.

Análisis de Datos

La manipulación de datos se realizó utilizando el programa SPSS y hojas de cálculo de Excel, se aplicó análisis estadístico descriptivo para resumir las frecuencias y porcentajes de las respuestas de los participantes a cada pregunta, junto con un análisis de correspondencias múltiples para revelar patrones de asociación entre variables y la categorización de los estudiantes según sus características de rendimiento. Como estas variables analizadas eran datos nominales, se adoptaron pruebas no paramétricas para la validación de la hipótesis de investigación, que no asumen la distribución de la población, siendo importante tener en cuenta que la investigación se llevó a cabo dentro de los parámetros éticos establecidos en la Ley 1581 de 2012 respecto a la privacidad de la información personal, manteniendo la confidencialidad de la información proporcionada por los alumnos y el consentimiento de sus familiares.

RESULTADOS

En términos generales, los resultados de la prueba diagnóstica indicaron una variabilidad significativa pero un conocimiento previo insuficiente sobre los residuos sólidos. Solo el 39.4% de los estudiantes reconocieron correctamente el significado de residuos sólidos en esta muestra, mientras que el 60.6% restante equiparó los residuos sólidos con residuos líquidos, materiales orgánicos o productos químicos domésticos. Asimismo, la identificación de material reciclable mostró un rendimiento moderado, donde el 42.9% pudo identificar el papel arrugado como un artículo reciclable; aunque un número significativo de estudiantes, es decir, el 22.3%, creía erróneamente que los pañales desechables se consideraban material reciclable.

Por otro lado, la mayoría de los estudiantes (49.4%) reconocieron correctamente que arrojar basura en cuerpos de agua causa contaminación y afecta la vida acuática, lo que sugiere que existe una conciencia ambiental básica en aproximadamente la mitad de la población estudiada. Por el contrario, la atención a los desechos electrónicos es menos pronunciada, ya que solo el 43.4% de los participantes identificaron correctamente el significado del acrónimo RAEE, un fenómeno preocupante considerando la exposición de los estudiantes a equipos electrónicos, ya que es algo omnipresente en sus vidas diarias.

En cuanto a las buenas prácticas de gestión, el 31,1% de los estudiantes admitieron que la principal razón para separar y clasificar los residuos es reducir las cantidades producidas; porcentajes relacionados indicaron que esto significa facilitar el transporte de materiales o prevenir olores desagradables. Al mismo tiempo, la detección de residuos orgánicos tuvo un 44,3% de respuestas correctas, y el reconocimiento de los beneficios del reciclaje alcanzó el 46%, un resultado que se alinea con la también moderada comprensión de la regla de las tres R, correctamente identificada por el 44% de los encuestados, sin embargo, es necesario tener en consideración que en la Tabla 1 se resumen los principales resultados obtenidos en la prueba diagnóstica.

Tabla 1. *Síntesis de resultados de la prueba diagnóstica por categoría evaluada.*

Categoría evaluada	Porcentaje de acierto	Interpretación
Concepto de residuos sólidos	39,4 %	Comprensión parcial, con confusión conceptual predominante
Identificación de materiales reciclables	42,9 %	Reconocimiento moderado con errores de clasificación
Impacto de residuos en fuentes hídricas	49,4 %	Conciencia ambiental básica presente en casi la mitad del grupo
Significado de la sigla RAEE	43,4 %	Conocimiento intermedio sobre residuos electrónicos
Razón principal de la clasificación	31,1 %	Menor porcentaje de acierto de todo el instrumento
Identificación de residuos orgánicos	44,3 %	Reconocimiento adecuado del residuo orgánico más común
Ventajas del reciclaje	46,0 %	Comprensión moderada del beneficio ambiental
Regla de las tres erres	44,0 %	Concepto relativamente claro, aunque no consolidado

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de la prueba diagnóstica aplicada a 350 estudiantes de cuatro instituciones educativas rurales.

Sin embargo, el análisis de correspondencias múltiples proporcionó la explicación del 44.21% de la variabilidad en las respuestas con dos dimensiones principales, en este orden, la primera dimensión representó el 24.58% de la variación en las categorías, relacionada con la conceptualización y clasificación de residuos sólidos y orgánicos, y la segunda, el 19.63% de la variación, se debió al reciclaje, la contaminación y la conciencia ambiental.

Estas dimensiones se utilizaron para derivar tres perfiles de estudiantes, donde cada perfil se refiere a un papel específico y relevante del éxito académico y los objetivos educativos, de ese modo, el primer grupo logró una tasa de éxito del 46.67% y tenía una comprensión adecuada de los principios, pero el problema estaba en elegir qué materiales eran reciclables.

En comparación, el segundo grupo fue calificado muy bajo en todas las categorías evaluadas, solo un 13.33%, lo que indica que este último grupo es mucho más vulnerable a los problemas educativos. Mientras que el tercer grupo tenía un nivel de conocimiento del 40% en el área de conciencia sobre el efecto de la contaminación del agua y la gestión de residuos peligrosos, pero aún tenía algunas lagunas en la clasificación de materiales, al igual que el primer grupo.

Por otro lado; al evaluar la implementación de la aplicación móvil ECOEDUCA desde la fase de validación en comparación con la fase de diagnóstico, hubo un aumento general en la comprensión de los conceptos evaluados y una mayor disposición entre los estudiantes para adoptar prácticas sostenibles. Utilizando la encuesta de satisfacción aplicada al final de la intervención, los estudiantes reportaron una evaluación positiva de la experiencia interactiva proporcionada por la realidad aumentada, particularmente en lo que respecta a la visualización de los procesos de clasificación y la posibilidad de tomar decisiones simuladas sobre el destino de diferentes tipos de residuos. Tales resultados están de acuerdo con los hallazgos establecidos en contextos educativos donde la realidad aumentada se ha aplicado específicamente a la enseñanza de la clasificación de residuos, lo que se ha encontrado que mejora considerablemente la comprensión de los procesos de separación en origen (Wang & Xie, 2025).

DISCUSIÓN

En consideración, los resultados del diagnóstico revelan que los estudiantes de Loma Verde que estudian en escuelas rurales tenían un conocimiento fragmentado sobre la gestión de residuos sólidos antes de la intervención, lo cual es consistente con otros estudios realizados en el contexto de acceso limitado a la tecnología y educación especializada para maestros. En este sentido, si la brecha en la conceptualización básica de los residuos sólidos y el reconocimiento de los residuos electrónicos es evidente, es evidente que la educación ambiental efectiva no solo se trata de impartir el contenido, sino también de inducir actitudes y comportamientos hacia prácticas sostenibles proporcionando experiencias significativas (Hungerford & Volk, 1990).

Desde el punto de vista del aprendizaje significativo, el crecimiento observado tras la implementación de la aplicación móvil indica que la integración de la realidad aumentada ayudó a la anclaje de nuevos contenidos en estructuras cognitivas previas al proporcionar a los estudiantes representaciones visuales que hicieron los procesos más comprensibles cuando se presentaban de manera

más abstracta, como la descomposición de residuos orgánicos o el tratamiento de materiales tóxicos (Ausubel, 1963), esta realización se alinea con la observación de Bacca et al. (2014) quienes informaron que la realidad aumentada aumenta la retención a través de la provisión de estímulos visuales que vinculan teoría y práctica, también con lo descubierto por Mei y Yang (2019) sobre la efectividad de las aplicaciones móviles gamificadas para fortalecer la educación ambiental en poblaciones que tienen acceso limitado a laboratorios convencionales.

Asimismo, el examen de tres perfiles estudiantiles distintos utilizando el análisis de correspondencias múltiples refuerza que la intervención educativa no puede concebirse en una única configuración; diferentes intervenciones pedagógicas deben considerar las particularidades de cada grupo, mientras que el segundo perfil, con una tasa de éxito considerablemente más baja que la de los otros grupos, indica una desventaja educativa que va más allá del ámbito conceptual y probablemente esté relacionada con condiciones desiguales de acceso a experiencias previas de educación ambiental, un fenómeno consistente con el argumento de que las prácticas ambientales están mediadas por estructuras sociales y culturales que condicionan el comportamiento de los individuos (Bourdieu, 1990). Por lo tanto, las futuras intervenciones se beneficiarían de incorporar estrategias diferenciadas que aborden esta heterogeneidad en lugar de asumir que una única propuesta didáctica producirá efectos equivalentes en toda la población estudiantil.

Por otro lado, el aumento observado en la percepción de las prácticas sostenibles por parte de los estudiantes después de interactuar con la aplicación móvil, sin embargo, puede interpretarse como un resultado constructivista donde los estudiantes construyeron su propio entendimiento a partir de la manipulación de escenarios simulados con la herramienta tecnológica, en lugar de ser receptores pasivos de conocimiento (Jonassen, 1999; Piaget, 1967). Además, la naturaleza colaborativa de algunas de las actividades desarrolladas durante la fase de implementación se alinea con el principio vygotskiano de que el

aprendizaje se consolida a través de la interacción social (Vygotsky, 1978), mientras que la relación entre el contenido y las realidades inmediatas de la comunidad de Loma Verde también se alinea con el aprendizaje situado de Lave y Wenger (1991) y el ciclo experiencial de Kolb (1984) porque los estudiantes pudieron experimentar, reflexionar y aplicar lo que aprendieron en su propio contexto escolar.

Así mismo, los hallazgos facilitan aún más un diálogo sobre la evaluación formativa en relación con el enfoque de implementación, usar el mismo instrumento durante la fase de diagnóstico seguido de la fase de validación permitió obtener retroalimentación, lo cual Black y Wiliam (1998) argumentan que es esencial para realizar ajustes oportunos en los procesos de enseñanza en lugar de esperar una evaluación sumativa, que a menudo llega demasiado tarde para cambiar las prácticas pedagógicas. Por lo tanto, tenga en cuenta que, a pesar de las mejoras a gran escala en la evidencia de los resultados de la fase de validación, la investigación no puede determinar de manera definitiva si esos cambios se mantendrán a lo largo del tiempo, una limitación que está en línea con lo que Simon et al. (2025) advirtieron sobre la limitada evidencia longitudinal disponible sobre el efecto sostenido de la realidad aumentada en la educación ambiental.

En cuanto a la tecnología relevante utilizada, los hallazgos confirman los resultados de Syskowski et al. (2024), donde esta metodología también muestra que el uso de tabletas y realidad aumentada para la enseñanza de la química de los plásticos ha demostrado que la visualización interactiva del proceso de transformación de materiales mejora en gran medida la comprensión de los conceptos de reciclaje. Asimismo, la experiencia descrita con libros digitales de realidad aumentada para niños de diferentes orígenes culturales (Chen, 2022) coincide en que esta tecnología puede modificarse para diferentes características socioculturales, como las comunidades rurales de Loma Verde, sin obstaculizar su éxito pedagógico.

Por lo tanto, los hallazgos de este estudio deben entenderse en relación con su congruencia con la Agenda 2030, el progreso realizado en la comprensión conceptual junto con la actitud hacia prácticas sostenibles contribuye directamente al Objetivo de Desarrollo Sostenible 4, que se refiere a la educación de calidad; mientras tanto, mejorar los hábitos asociados a la reducción, reutilización y reciclaje está asociado con el Objetivo 12, relacionado con la producción y el consumo responsables. El conocimiento adquirido sobre los efectos de los desechos en los suministros de agua y los ecosistemas se relaciona con el Objetivo 13 de acción climática, y el potencial de ofrecer experiencias tecnológicas de alta calidad en contextos rurales de bajos recursos mejora aún más el Objetivo 11 de comunidades sostenibles, ya que mitiga las deficiencias en el acceso al progreso educativo (Cortese, 2003; Sterling, 2001; Tilbury, 2011).

CONCLUSIÓN

Basado en los resultados, se tiene que la aplicación móvil ECOEDUCA aumentó el conocimiento conceptual y la disposición hacia prácticas ambientales sostenibles entre los estudiantes rurales de Loma Verde, mientras que la evaluación inicial del proyecto indicó brechas marcadas con respecto a la clasificación de residuos y el reconocimiento de residuos electrónicos. Los tres perfiles identificados a través del análisis de correspondencias múltiples confirman que el efecto de la intervención es heterogéneo y depende de las condiciones de acceso educativo previas. De ese modo, se sintetiza que la realidad aumentada constituye una estrategia didáctica efectiva para anclar contenido ambiental complejo en contextos rurales, aunque su sostenibilidad a largo plazo requiere validación longitudinal adicional.

FINANCIAMIENTO

No monetario

CONFLICTO DE INTERÉS

No existe conflicto de interés con personas o instituciones ligadas a la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A los pedagogos que estimulan a un aprendizaje mediante las artes.

REFERENCIAS

Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning: An introduction to school learning*. Grune & Stratton.

Azuma, R. T., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *21*(6), 34-47. https://doi.org/10.1109/38.963459

Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, *17*(4), 133-149.

Barth, M. (2007). Integrating sustainability into higher education: A review of learning outcomes, curricula initiatives and institutional frameworks. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, *8*(4), 372-386. https://doi.org/10.1108/14676370710823582

Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, *45*(7), 56-63. https://doi.org/10.1109/MC.2012.111

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, *5*(1), 7-74. https://doi.org/10.1080/0969595980050102

Bourdieu, P. (1990). *The logic of practice* (R. Nice, Trad.). Stanford University Press. (Obra original publicada en 1980)

Chen, S. Y. (2022). To explore the impact of augmented reality digital picture books in environmental education courses on environmental attitudes and environmental behaviors of children from different cultures. *Frontiers in Psychology*, *13*, Artículo 1063659. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1063659

Cortese, A. D. (2003). The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Planning for Higher Education*, *31*(3), 15-22.

Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, *323*(5910), 66-69. https://doi.org/10.1126/science.1167311

Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, *21*(3), 8-21. https://doi.org/10.1080/00958964.1990.10753743

Jonassen, D. H. (1999). *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*. Educational Technology Publications.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.

Mei, B., & Yang, S. (2019). Nurturing environmental education at the tertiary education level in China: Can mobile augmented reality and gamification help? *Sustainability*, *11*(16), Artículo 4292. https://doi.org/10.3390/su11164292

Piaget, J. (1967). *Biology and knowledge: An essay on the relations between organic regulations and cognitive processes*. University of Chicago Press.

Simon, P. D., Zhong, Y., Dela Cruz, I. C., & Fryer, L. K. (2025). Scoping review of research on augmented reality in environmental education. *Journal of Science Education and Technology*, *34*(4), 919-935. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10218-z

Sterling, S. (2001). *Sustainable education: Re-visioning learning and change*. Green Books.

Syskowski, S., Lathwesen, C., Maurer, N., Siol, A., Eilks, I., & Huwer, J. (2024). Interactive learning with iPads and augmented reality: A sustainability-oriented approach to teaching plastics chemistry. *Sustainability*, *16*(8), Artículo 3342. https://doi.org/10.3390/su16083342

Tilbury, D. (2011). *Education for sustainable development: An expert review of processes and learning*. UNESCO.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press.

Wang, B., & Xie, J. (2025). Augmented reality (AR) technology advancing climate science education: A case study of waste sorting. *Journal of Science Education and Technology*, *34*, 1541-1558. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10269-2

Derechos de autor: 2026 Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/