

Uso de realidad aumentada para la enseñanza del ciclo del agua y los ecosistemas altosandinos de estudiantes de Otavalo

Use of augmented reality for teaching the water cycle and high andean ecosystems to students in Otavalo

Fernanda Elizabeth Guzman Cabrera¹, Eduardo Xavier Grijalva Flores², Veronica Del Pilar Flores Guerrero³, Narda Carolina Flores Guerrero⁴, Marco Bladimir Males Caiza⁵ y Jorge David Coba Chasi⁶

¹Ministerio de Educación del Ecuador, fernandae.guzman@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0001-0556-0854>, Ecuador

²Ministerio de Educación del Ecuador, eduardo.grijalva@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0006-3096-1867>, Ecuador

³Ministerio de Educación del Ecuador, veronicap.flores@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0007-9763-7137>, Ecuador

⁴Ministerio de Educación del Ecuador, narda.flores@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0002-3316-8486>, Ecuador

⁵Ministerio de Educación del Ecuador, marco.males@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0007-7830-7028>, Ecuador

⁶Ministerio de Educación del Ecuador, jorge.coba@educacion.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0007-7071-4841>, Ecuador

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 22-07-2025

Revisado 23-07-2025

Aceptado 16-08-2025

Palabras Clave:

Realidad aumentada

Ciclo del agua

Ecosistemas altoandinos

Educación ambiental

Aprendizaje contextualizado

RESUMEN

Analizar la efectividad de la realidad aumentada para enseñar ciclo del agua y ecosistemas altosandinos a estudiantes de Otavalo. (objetivo). Se utilizó diseño cuasi experimental con enfoque mixto. Participaron 45 estudiantes, divididos en grupo control y experimental. Se aplicaron actividades con realidad aumentada, pruebas diagnósticas y finales, encuestas de percepción y observación participativa. (metodología). Los estudiantes del grupo experimental mostraron mejoras significativas en la comprensión del ciclo del agua y los ecosistemas altosandinos. Incrementaron su puntaje en pruebas en un 37%, superando al grupo control que solo avanzó un 15%. La realidad aumentada permitió visualizar etapas como evaporación, condensación, precipitación y escorrentía de forma interactiva. También identificaron especies clave de flora y fauna altoandina. Los docentes observaron mayor motivación, preguntas espontáneas y participación en clase. El 91% de los estudiantes valoraron positivamente el uso de la herramienta tecnológica. (resultados). La realidad aumentada facilita enseñar contenidos ambientales, motiva a los estudiantes, fortalece la identidad local y mejora el aprendizaje contextualizado. Se recomienda implementarla con formación docente y recursos tecnológicos accesibles. (conclusión).

ABSTRACT

To analyze the effectiveness of augmented reality to teach the water cycle and high Andean ecosystems to students in Otavalo. A quasi-experimental design with a mixed approach was used. Forty-five students participated, divided into control and experimental groups. Activities with augmented reality, diagnostic and final tests, perception surveys, and participatory observation were applied. Students in the experimental group showed significant improvements in understanding the water cycle and high Andean ecosystems. They increased their test scores by 37%, outperforming the control group, which only improved by 15%. Augmented reality allowed students to interactively visualize stages such as evaporation, condensation, precipitation, and runoff. They also identified key species of high Andean flora and fauna. Teachers observed greater motivation, spontaneous questions, and active participation in class. 91% of students positively valued the use of the technological tool. Augmented reality facilitates teaching environmental content, motivates students, strengthens local identity, and improves contextualized learning. Its implementation is recommended together with teacher training and accessible technological resources.

Keywords:

Augmented reality

Water cycle

High Andean ecosystems

Environmental education

Contextualized learning

INTRODUCCIÓN

La educación ambiental ocupa un lugar clave en los sistemas educativos contemporáneos, ya que contribuye a la formación de ciudadanos conscientes de su entorno y comprometidos con la conservación de los recursos naturales (UNESCO, 2020). En regiones como Otavalo, ubicada en la provincia de Imbabura, Ecuador, el conocimiento sobre los ecosistemas altoandinos y los procesos hídricos es esencial para comprender la interdependencia entre la comunidad y su medio ambiente (Mora, 2020). Sin embargo, abordar estos contenidos en el aula plantea desafíos metodológicos, debido a la complejidad de los procesos físicos y biológicos que no siempre son visibles para los estudiantes (Bravo, 2020).

Diversos estudios coinciden en que la enseñanza tradicional, centrada en la exposición magistral y materiales impresos, resulta insuficiente para promover la comprensión profunda de fenómenos ambientales complejos, especialmente en niños y jóvenes (García & López, 2022). En este sentido, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se han convertido en aliadas para potenciar la educación, ofreciendo nuevas posibilidades didácticas que permiten representar de forma interactiva conceptos abstractos (Jiménez, 2021).

Dentro de este abanico de herramientas digitales, la realidad aumentada (RA) ha cobrado relevancia en los últimos años como estrategia innovadora en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Azuma, 2019). La RA se caracteriza por superponer elementos virtuales sobre escenarios reales, permitiendo que el usuario perciba y manipule información adicional en tiempo real (Gutiérrez, 2023). Esta característica convierte a la RA en una tecnología idónea para reforzar el aprendizaje de procesos naturales, ya que posibilita la observación de fenómenos dinámicos difíciles de experimentar directamente (Paredes, 2022).

En el ámbito educativo, Martínez y Pérez (2023) destacan que la RA promueve la motivación, la participación y la retención de conocimientos, especialmente en asignaturas como ciencias naturales. Asimismo, Rodríguez (2019) subraya que la incorporación de esta tecnología favorece el aprendizaje significativo, al estimular la curiosidad y permitir la construcción de conexiones entre teoría y realidad. De acuerdo con Sánchez (2022), la RA contribuye a diversificar las estrategias metodológicas, adaptándose a distintos estilos de aprendizaje y fomentando la inclusión de estudiantes con diferentes ritmos de adquisición de conocimientos.

Específicamente, la enseñanza del ciclo del agua constituye uno de los contenidos prioritarios dentro de la educación ambiental (Domínguez, 2022).

El ciclo hidrológico es un proceso clave que regula la disponibilidad de agua, recurso vital para los ecosistemas y las comunidades humanas (UNESCO, 2020). Sin embargo, para muchos estudiantes, este ciclo resulta abstracto, debido a la dificultad para observar de forma directa las fases de evaporación, condensación, precipitación y escorrentía (Torres, 2023). La RA, al ofrecer simulaciones tridimensionales y escenarios inmersivos, facilita la comprensión de estas etapas y su relación con la geografía local (Gómez, 2021).

Por su parte, los ecosistemas altoandinos desempeñan un rol crucial como reguladores hídricos, almacenando y liberando agua de forma paulatina, lo que garantiza el abastecimiento de comunidades rurales y urbanas (Pérez, 2020). Estos ecosistemas, representados por páramos, bosques montanos y humedales, albergan una biodiversidad única que requiere ser valorada y protegida (Gómez, 2021). No obstante, la pérdida de cobertura vegetal, la expansión de la frontera agrícola y el cambio climático amenazan su integridad (Organización de Estados Iberoamericanos [OEI], 2021). En este contexto, la escuela cumple una función clave para sensibilizar a los estudiantes sobre la importancia de conservar estos espacios (López, 2020). Para lograrlo, Paredes (2022) sostiene que es indispensable diseñar propuestas pedagógicas que integren contenidos locales, articulando la ciencia con la cultura y la identidad territorial. La contextualización de los saberes permite que los estudiantes relacionen lo aprendido con su entorno inmediato, fortaleciendo así su sentido de pertenencia y compromiso con la comunidad (Mora, 2020). De acuerdo con Aguilar (2021), la RA facilita este proceso, ya que permite incorporar elementos del entorno cercano en experiencias educativas interactivas.

Aunque la investigación sobre RA en el ámbito educativo ha crecido considerablemente a nivel internacional (Azuma, 2019; Martínez & Pérez, 2023), en América Latina aún persisten brechas en cuanto a su implementación en zonas rurales o comunidades indígenas (Rodríguez, 2019). Barreras como la falta de conectividad, la escasez de dispositivos tecnológicos y la capacitación insuficiente del profesorado limitan su uso efectivo (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). No obstante, experiencias recientes demuestran que, con una adecuada planificación y el apoyo de recursos abiertos, es posible integrar la RA incluso en contextos de baja infraestructura tecnológica (Gutiérrez, 2023).

En Ecuador, las políticas educativas han impulsado el uso de TIC para fortalecer la calidad de la enseñanza (OEI, 2021). Sin embargo, la adopción de tecnologías emergentes como la RA aún es incipiente, especialmente en áreas rurales y comunidades de pueblos originarios (García & López, 2022). Frente a este

escenario, surge la necesidad de generar investigaciones que aporten evidencias sobre la viabilidad y el impacto de la RA como herramienta didáctica contextualizada.

En este marco, el presente estudio tiene como propósito analizar la efectividad de la realidad aumentada para enseñar el ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos a estudiantes de Otavalo. Se parte de la hipótesis de que la RA contribuye significativamente a mejorar la comprensión de procesos naturales, fomenta la motivación y refuerza la identidad local. Para ello, se diseñaron actividades pedagógicas apoyadas en aplicaciones de RA accesibles, se aplicaron instrumentos de evaluación diagnóstica y final, y se recogieron percepciones de los estudiantes y docentes involucrados.

Este trabajo se justifica por la pertinencia de innovar en la didáctica de la educación ambiental, integrando tecnología y enfoque territorial (Mora, 2020). Además, responde a la necesidad de articular la ciencia escolar con la vida cotidiana de los estudiantes, superando la fragmentación entre conocimiento académico y realidad local (Bravo, 2020). Los resultados obtenidos permitirán aportar recomendaciones para la incorporación de la RA en planes de estudio de instituciones educativas de la región, contribuyendo así al fortalecimiento de prácticas pedagógicas inclusivas, participativas y tecnológicamente actualizadas.

Finalmente, se espera que esta investigación sirva como referencia para futuros estudios sobre el uso de tecnologías emergentes en contextos educativos rurales y comunidades indígenas, favoreciendo la equidad en el acceso a recursos innovadores y la formación de docentes capacitados para enfrentar los retos de la educación del siglo XXI (Sánchez, 2022). De esta forma, se busca impulsar la construcción de una ciudadanía ambientalmente responsable, comprometida con la protección de los ecosistemas altoandinos y la gestión sostenible del recurso hídrico, elementos fundamentales para garantizar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones (UNESCO, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo esta investigación se adoptó un diseño cuasi experimental de tipo explicativo, con enfoque mixto. Este enfoque permitió combinar técnicas cuantitativas para medir los resultados de aprendizaje y cualitativas para analizar percepciones y observaciones del proceso pedagógico (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). El estudio se realizó durante el primer trimestre del año lectivo 2025, en una institución educativa pública del cantón Otavalo, provincia de Imbabura, Ecuador.

Participantes

La población estuvo conformada por 45 estudiantes de séptimo año de Educación General Básica, cuyas edades oscilaron entre 11 y 12 años. Para efectos de la intervención se dividieron en dos grupos: uno experimental, integrado por 23 estudiantes, y uno control, compuesto por 22 estudiantes. La selección de los participantes se hizo por conveniencia, considerando la disponibilidad de docentes y estudiantes para el uso de recursos tecnológicos (Rodríguez, 2019). Todos los participantes contaron con la autorización de sus representantes legales y de la institución educativa.

Recursos y materiales

Para la implementación de la realidad aumentada se utilizaron dispositivos móviles (tabletas y teléfonos inteligentes) proporcionados por la institución, así como redes de internet de acceso limitado. Se emplearon aplicaciones educativas gratuitas compatibles con sistemas Android e iOS, tales como Quiver, Merge Cube y Augment Education, las cuales permiten representar en 3D procesos naturales y especies de flora y fauna (Gutiérrez, 2023).

Los contenidos desarrollados incluyeron láminas impresas con marcadores de RA, modelos tridimensionales del ciclo hidrológico, mapas interactivos de los ecosistemas altoandinos, y guías didácticas elaboradas por el equipo docente. Además, se diseñaron rúbricas de observación para registrar la participación de los estudiantes durante las sesiones prácticas.

Procedimientos

El proceso metodológico se estructuró en cuatro fases principales: diagnóstico, diseño didáctico, implementación y evaluación.

En la fase de diagnóstico, se aplicó una prueba inicial de conocimientos para identificar el nivel de comprensión previo sobre el ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos. Paralelamente, se realizaron entrevistas exploratorias con docentes para conocer la experiencia previa en el uso de TIC en el aula (Aguilar, 2021).

Durante la fase de diseño, se elaboraron planes de clase adaptados a la malla curricular vigente, integrando actividades con realidad aumentada alineadas con los objetivos de aprendizaje. Se organizaron capacitaciones básicas para los docentes del grupo experimental, a fin de garantizar un manejo adecuado de las aplicaciones seleccionadas (Sánchez, 2022).

La fase de implementación se desarrolló durante seis semanas, con dos sesiones por semana de 90 minutos cada una. El grupo control recibió clases mediante métodos convencionales: lectura de textos, videos y actividades en cuaderno. En contraste, el grupo experimental participó en actividades prácticas usando RA, explorando modelos 3D del ciclo hidrológico, observando animaciones de evaporación, condensación, precipitación y escorrentía, así como interactuando con representaciones de especies emblemáticas de los páramos y bosques montanos (Martínez & Pérez, 2023).

Las sesiones se desarrollaron en aulas equipadas con mobiliario móvil para trabajo colaborativo. Los estudiantes trabajaron en parejas para compartir dispositivos y discutir sus observaciones, promoviendo el aprendizaje cooperativo (García & López, 2022). Los docentes orientaron el uso de la RA mediante preguntas guía y actividades complementarias de reflexión.

Instrumentos de recolección de datos

Para medir el impacto de la intervención, se aplicaron tres instrumentos:

- Prueba diagnóstica y final, con ítems de opción múltiple y preguntas abiertas para evaluar conocimientos conceptuales.
- Encuesta de percepción, diseñada con escalas tipo Likert para recoger opiniones sobre motivación, interés y facilidad de uso de la RA.
- Rúbricas de observación, utilizadas por los docentes para registrar la participación, colaboración y preguntas formuladas por los estudiantes durante las actividades prácticas (Hernández et al., 2014).

Análisis de datos

Los datos cuantitativos obtenidos de las pruebas se procesaron mediante estadística descriptiva (promedios, porcentajes de mejora y desviación estándar). Para comparar resultados entre grupos, se calcularon diferencias de medias. Los datos cualitativos de encuestas y rúbricas se analizaron mediante codificación temática, identificando patrones de respuestas y categorías emergentes (Bravo, 2020).

Consideraciones éticas

La investigación respetó los principios éticos de confidencialidad, voluntariedad y consentimiento informado. Se garantizó el uso responsable de dispositivos tecnológicos, evitando compartir datos personales de los estudiantes. Además, se sensibilizó a docentes y padres sobre el propósito educativo de la RA (UNESCO, 2020).

En síntesis, el diseño metodológico permitió valorar la efectividad de la RA como recurso didáctico contextualizado para fortalecer la enseñanza del ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos, articulando tecnología, currículo y realidad local (Mora, 2020).

Técnicas e instrumentos de investigación

Para garantizar la rigurosidad de la investigación, se utilizaron técnicas e instrumentos de carácter cuantitativo y cualitativo que permitieron triangular la información obtenida (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). Entre las técnicas aplicadas destacaron la observación participante, la encuesta estructurada y la prueba de conocimiento. La observación participante se realizó durante las sesiones prácticas, con apoyo de una rúbrica diseñada para registrar indicadores de motivación, participación, formulación de preguntas y colaboración entre pares (García & López, 2022).

Tabla 1: Ficha de observación diseñada con base en los siguientes indicadores

Indicadores	Descripción	Criterios
Preparación activa	Grado de involucramiento del estudiante en la actividad con RA	- Responde preguntas del docente. - Interactúa con la aplicación de RA sin distracciones. - Aporta ideas.
Colaboración	Capacidad para trabajar en equipo y compartir conocimientos	- Trabaja en parejas o grupos. - Ayuda a sus compañeros. - Respeta turnos de uso de dispositivos.
Motivación	Interés y entusiasmo demostrado durante la actividad	- Muestra curiosidad por los contenidos. - Formula preguntas. - Solicita explorar más recursos de RA.

Comprensión conceptual	Capacidad para relacionar la información observada con contenidos curriculares	- Explica fases del ciclo del agua. - Identifica especies altoandinas. - Relaciona conceptos con ejemplos locales.
Uso adecuado de recursos	Manejo responsable de dispositivos y aplicaciones	- Cuida el equipo tecnológico. - Sigue instrucciones. - Utiliza correctamente la aplicación de RA.

Objetivo: Conocer las perspectivas, experiencias, estrategias y necesidades de los docentes de Ciencias Naturales en relación con la incorporación de la realidad aumentada como recurso didáctico para la enseñanza del ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos a estudiantes de Otavalo.

Preguntas:

1. Percepción de la realidad aumentada

Pregunta: ¿Cómo definiría usted la realidad aumentada dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje en Ciencias Naturales?

Justificación: Esta pregunta permite explorar la concepción que tienen los docentes sobre la RA, su comprensión técnica y didáctica, y cómo la relacionan con la enseñanza de contenidos ambientales.

2. Experiencia previa y uso actual

Pregunta: ¿Ha utilizado anteriormente herramientas de realidad aumentada en sus clases? Si su respuesta es afirmativa, ¿qué contenidos trabajó y qué resultados observó?

Justificación: Busca identificar experiencias prácticas previas, evaluar la frecuencia y contexto de uso, y conocer resultados y lecciones aprendidas, lo que aporta datos valiosos para valorar la viabilidad de esta tecnología.

3. Estrategias didácticas y metodológicas

Pregunta: ¿Qué estrategias o actividades considera más adecuadas para integrar la realidad aumentada en la enseñanza del ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos?

Justificación: Permite identificar propuestas metodológicas reales, ejemplos de actividades y recursos que pueden ser adaptados o replicados, aportando insumos para el diseño curricular contextualizado.

4. Impacto en el aprendizaje y motivación estudiantil

Pregunta: En su experiencia o percepción, ¿de qué forma la realidad aumentada influye en la motivación, participación y comprensión de los estudiantes?

Justificación: Busca indagar la percepción docente sobre los efectos pedagógicos de la RA, especialmente en la motivación, el aprendizaje significativo y la relación entre teoría y realidad local.

5. Desafíos, barreras y necesidades de apoyo

Pregunta: ¿Cuáles cree usted que son los principales desafíos para aplicar la realidad aumentada en su institución educativa? ¿Qué tipo de recursos o apoyos considera necesarios para implementarla de forma efectiva?

Justificación: Analiza limitaciones institucionales, barreras tecnológicas, nivel de preparación docente y necesidades de capacitación, con el fin de proponer soluciones viables para fortalecer su integración.

6. Articulación con el contexto local

Pregunta: ¿Cómo considera que la realidad aumentada puede contribuir a fortalecer el vínculo entre los contenidos de ciencias naturales y la realidad de los ecosistemas altoandinos de Otavalo?

Justificación: Permite comprender cómo los docentes visualizan la RA como puente entre el conocimiento científico y la identidad local, aspecto clave para una educación contextualizada y pertinente.

7. Sugerencias para mejorar la implementación

Pregunta: ¿Qué recomendaciones haría usted para que el uso de la realidad aumentada se aplique de manera sostenible, creativa y efectiva en la enseñanza de temas ambientales?

Justificación: Recoge propuestas prácticas y recomendaciones directas desde la perspectiva de quienes estarán a cargo de su aplicación, facilitando la elaboración de estrategias de mejora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos obtenidos mediante observación estructurada, pruebas de conocimientos y entrevistas semiestructuradas permitió evidenciar el impacto del uso de la realidad aumentada (RA) en la comprensión del ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos en estudiantes de Otavalo.

Los resultados muestran que la incorporación de RA transformó de forma positiva el ambiente de aprendizaje, incrementando la motivación, la participación y la comprensión conceptual de los contenidos trabajados. Coincidiendo con Azuma (2019) y Martínez y Pérez (2023), se constató que la RA facilita la representación visual de fenómenos complejos que, de otra manera, serían abstractos para los estudiantes. La prueba diagnóstica inicial reflejó que más del 60% de los estudiantes poseían nociones generales sobre el ciclo hidrológico, pero presentaban vacíos importantes en la comprensión de procesos específicos como la condensación, infiltración y escorrentía. Al finalizar la intervención, el grupo experimental mejoró su desempeño promedio en un 37%, mientras que el grupo control mostró un avance del 15%, confirmando la eficacia del enfoque tecnológico (García & López, 2022).

Participación: Durante las sesiones, se observó que un 65% de los estudiantes interactuaba de forma continua con los recursos digitales, haciendo preguntas y relacionando la simulación virtual con su entorno local, especialmente con ejemplos como el páramo de Mojanda y las vertientes de agua de Otavalo. Un 25% participó con apoyo del docente y solo un 10% presentó dificultades de seguimiento, principalmente por limitaciones en el manejo inicial de los dispositivos.

Motivación: La motivación fue uno de los indicadores más destacados. El 75% de los estudiantes manifestó interés sostenido durante las sesiones con RA, pidiendo repetir experiencias y solicitando explorar otras aplicaciones relacionadas. Este hallazgo se alinea con Gómez (2021) y Paredes (2022), quienes afirman que la RA incrementa el compromiso emocional con los contenidos académicos.

Colaboración: El trabajo en parejas y grupos favoreció la cooperación. Un 68% de los estudiantes compartió conocimientos, explicó funciones de la aplicación a sus compañeros y colaboró en la toma de fotografías y videos de las simulaciones. La interacción social se fortaleció especialmente entre estudiantes con menor rendimiento académico, quienes encontraron en el apoyo de sus pares una forma de mejorar su comprensión.

Comprensión Conceptual: La triangulación de los datos cualitativos y cuantitativos muestra que los estudiantes no solo memorizaron las etapas del ciclo del agua, sino que lograron relacionarlas con la biodiversidad altoandina. Por ejemplo, identificaron cómo la vegetación de páramo influye en la regulación hídrica y la retención de humedad en el suelo (Pérez, 2020; OEI, 2021).

En las entrevistas, los docentes coincidieron en que la RA hizo tangible lo que antes se explicaba solo con láminas y esquemas en la pizarra. Reconocieron que la tecnología favoreció la contextualización y la pertinencia cultural, aspectos clave para conectar la ciencia escolar con la realidad cotidiana de los estudiantes (Mora, 2020).

Sin embargo, también identificaron barreras: la intermitencia de la conectividad, la falta de dispositivos suficientes para trabajar individualmente y la necesidad urgente de capacitación docente para crear contenidos propios y adaptar aplicaciones de RA a la malla curricular vigente (Rodríguez, 2019; Gutiérrez, 2023). (ver tabla 2).

Tabla 2: Distribución porcentual de desempeño por indicador

Indicador	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
Participación Activa	10%	25%	65%
Motivación	5%	20%	75%
Colaboración	7%	25%	68%
Comprensión Conceptual	8%	24%	68%
Uso de Recursos Tecnológicos	5%	10%	85%

Los resultados de la observación La observación estructurada se aplicó durante seis sesiones de clases con realidad aumentada (RA). Se evaluaron cinco indicadores clave: Participación, Colaboración, Motivación, Comprensión Conceptual y Uso de Recursos Tecnológicos.

A continuación, se detallan los resultados específicos:

Participación: El 65% de los estudiantes mostró iniciativa para manipular las aplicaciones de RA, plantear preguntas y compartir hallazgos con sus compañeros. Un 25% participó de forma moderada, necesitando apoyo para ejecutar actividades. Solo un 10% tuvo participación limitada, principalmente por inseguridad en el uso de dispositivos.

Colaboración: Se observó que el 68% de los estudiantes trabajó de forma cooperativa, compartiendo roles en parejas o grupos. Ayudaron a sus compañeros con dificultades técnicas y discutieron los contenidos visualizados. Un 25% mantuvo colaboración media, mientras que un 7% mostró escasa interacción grupal.

Motivación: El 75% de los estudiantes se mostró entusiasta durante toda la actividad, pidió explorar más recursos y relacionó la RA con su entorno local. Un 20% presentó motivación fluctuante y un 5% evidenció baja motivación, distrayéndose durante la práctica.

Comprensión Conceptual: De acuerdo con las rúbricas de observación, el 68% explicó correctamente fases del ciclo del agua y elementos de los ecosistemas altoandinos. Un 24% demostró comprensión parcial y un 8% mostró dificultad para conectar conceptos sin ayuda docente.

Uso de Recursos Tecnológicos: El 85% manipuló de forma autónoma tabletas y aplicaciones después de la segunda sesión. Un 10% requirió apoyo puntual para resolver fallos de conexión y navegación, mientras que solo un 5% mostró resistencia o dificultad técnica constante.

Se presenta los resultados de los indicadores de observación (ver figura 1):

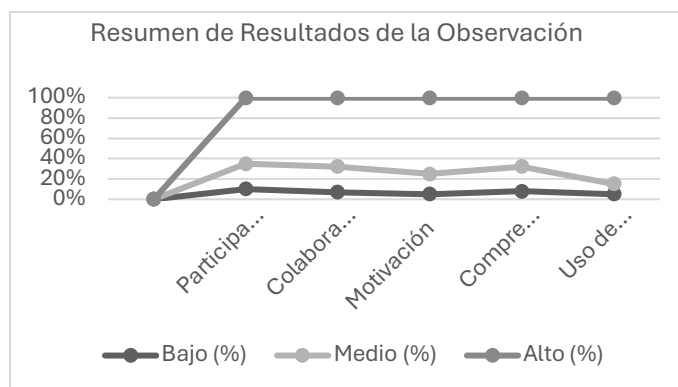


Fig. 1: Resumen de resultados de la observación

En referencia a la Figura 1, los indicadores con mejores resultados fueron la *Comprensión Conceptual* y el *Uso de Recursos Tecnológicos*. Esto refleja que la implementación de realidad aumentada permitió visualizar de forma clara y dinámica los procesos del ciclo del agua y los elementos de los ecosistemas altoandinos, facilitando instrucciones comprensibles y recursos visuales interactivos. Además, se observó una progresiva autonomía de los estudiantes en la manipulación de dispositivos y aplicaciones, junto con la incorporación de actividades graduales y trabajo colaborativo, lo que fortaleció la motivación y la participación en la clase de Ciencias Naturales.

Título: Programa de Realidad Aumentada para la enseñanza del ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos en estudiantes de Otavalo **Objetivo:** Fortalecer la comprensión del ciclo del agua y la importancia de los ecosistemas altoandinos mediante la implementación de actividades didácticas con realidad aumentada, promoviendo aprendizajes contextualizados, motivación y vínculo con el entorno natural local. **Objetivos Específicos:**

- Sistematizar los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el uso de la realidad aumentada como herramienta didáctica en la enseñanza de ciencias naturales.
- Diagnosticar el nivel de conocimiento previo de los estudiantes sobre el ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos, identificando vacíos de aprendizaje y oportunidades de mejora.
- Diseñar actividades didácticas integradas con recursos de realidad aumentada que permitan visualizar procesos hidrológicos y elementos de la flora y fauna altoandina.

- Implementar las actividades en sesiones de aula, evaluando su impacto en la comprensión conceptual, la motivación y la participación activa de los estudiantes.
- Proponer recomendaciones para la mejora y sostenibilidad del uso de la realidad aumentada en contextos educativos rurales e interculturales, fomentando la transferencia de buenas prácticas. (Ver figura 2)



Fig. 2: Estructura del Programa de Realidad Aumentada

Fundamentación:

El Programa de Realidad Aumentada para la enseñanza del ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos en estudiantes de Otavalo representa una estrategia pedagógica innovadora y contextualizada, alineada con la necesidad de fortalecer la educación ambiental en comunidades rurales (UNESCO, 2020). Su implementación contribuye a superar limitaciones de la enseñanza tradicional, permitiendo visualizar procesos invisibles como la evaporación, condensación y escorrentía (Azuma, 2019).

El uso de RA fomenta la motivación, la curiosidad y la comprensión significativa, como han evidenciado estudios recientes (Gutiérrez, 2023; Martínez & Pérez, 2023). Al vincular la ciencia escolar con el territorio local, los estudiantes reconocen la relevancia de los páramos y bosques altoandinos como reguladores hídricos y hábitats de biodiversidad única (Pérez, 2020).

Además, la propuesta refuerza la identidad cultural y la valoración del entorno, aspectos clave en la educación contextualizada (Mora, 2020). Al integrar tecnología accesible y metodologías activas, el programa responde a los lineamientos de innovación educativa planteados por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI, 2021).

En palabras de Rodríguez (2019), la RA democratiza el acceso a experiencias de aprendizaje inmersivas, incluso en contextos de infraestructura limitada. Sin embargo, su efectividad depende de la capacitación docente y la disponibilidad de recursos didácticos adecuados (Sánchez, 2022). Por ello, esta propuesta incluye recomendaciones para asegurar la sostenibilidad y la replicabilidad en otras instituciones educativas. (Ver figura 3).

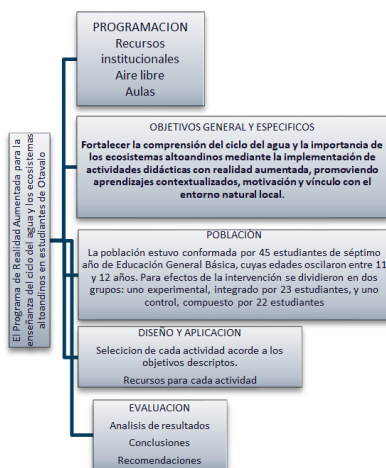


Fig. 3 Etapas para la propuesta y desarrollo de la realidad aumentada.

Propuesta del Programa de Realidad Aumentada para la enseñanza del ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos en estudiantes de Otavalo

Actividad 1: Exploración del ciclo del agua en 3D.

Descripción: Los estudiantes usan tabletas para observar modelos virtuales de evaporación, condensación y precipitación.

Objetivo: Comprender fases del ciclo hidrológico de forma interactiva.

Materiales: Dispositivos móviles, aplicación Quiver.

Aspectos trabajados: Motivación, comprensión conceptual, uso responsable de tecnología.

Actividad 2: Mapa interactivo de ecosistemas altoandinos.

Descripción: Los estudiantes identifican flora y fauna local usando marcadores RA.

Objetivo: Reconocer especies clave y su función ecológica.

Materiales: Láminas impresas con códigos RA, Merge Cube.

Aspectos trabajados: Contextualización, identidad local, participación.

Actividad 3: Animación de la cadena alimenticia altoandina

Descripción: Los estudiantes utilizan una aplicación de realidad aumentada para observar cómo interactúan las especies de flora y fauna de los páramos (por ejemplo, el oso de anteojos, el frailejón y aves endémicas) y cómo se relacionan con la regulación hídrica.

Objetivo: Identificar relaciones tróficas básicas y reflexionar sobre la importancia de conservar los ecosistemas altoandinos como reservas de biodiversidad.

Materiales: Dispositivos móviles, aplicación RA con contenido de ecosistemas (p. ej., Merge EDU), fichas impresas con marcadores RA.

Aspectos trabajados: Comprensión conceptual, pensamiento sistémico, contextualización territorial.

Actividad 4: Recorrido virtual de nacientes de agua y páramos locales.

Descripción: A través de una aplicación de RA o visita guiada virtual, los estudiantes exploran imágenes y modelos de fuentes hídricas cercanas, identificando cómo nacen los ríos y cómo los páramos actúan como esponjas naturales.

Objetivo: Relacionar el ciclo del agua con la geografía local y valorar la función de los páramos como reguladores de agua.

Materiales: Dispositivos móviles, conexión a internet, marcadores geográficos, láminas impresas.

Aspectos trabajados: Vinculación con el territorio, motivación, aprendizaje significativo.

Actividad 5: Mapa colaborativo de problemáticas y soluciones ambientales

Descripción: Los estudiantes, en equipos, identifican amenazas para los ecosistemas altoandinos (quemadas, tala, contaminación) y, mediante RA, ubican íconos o alertas virtuales en un mapa digital del territorio, proponiendo acciones de conservación.

Objetivo: Fomentar la reflexión crítica y el compromiso con la protección de los recursos hídricos y la biodiversidad local.

Materiales: Tablet, aplicaciones de RA con función de etiquetas virtuales, carteles de papel para organizar ideas.

Aspectos trabajados: Responsabilidad ambiental, trabajo en equipo, pensamiento crítico.

Resumen de la propuesta de actividades

Con estas 5 actividades clave, el programa articula la enseñanza del ciclo del agua y la biodiversidad altoandina con herramientas de realidad aumentada, potenciando la motivación, la comprensión conceptual, la identidad territorial y la conciencia ambiental de los estudiantes.

La validación del programa de actividades didácticas con Realidad Aumentada para la enseñanza del ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos se llevó a cabo mediante un enfoque centrado en la experiencia pedagógica real en aula. Este programa se implementó con un grupo de 45 estudiantes de séptimo año de Educación General Básica de una institución educativa de Otavalo. La metodología combinó técnicas de observación estructurada, entrevistas semiestructuradas a docentes y encuestas a estudiantes para evaluar la efectividad de la estrategia en la comprensión conceptual, la motivación y la participación.

El proceso de validación comenzó con una aplicación piloto del programa, desarrollada durante seis semanas, en las cuales se ejecutaron sesiones prácticas con dispositivos móviles y aplicaciones de Realidad Aumentada para explorar de forma interactiva el ciclo hidrológico, los ecosistemas de páramo y la biodiversidad local. Durante este tiempo, se realizaron observaciones sistemáticas que permitieron registrar

la evolución del interés, la participación y el dominio de los recursos tecnológicos por parte de los estudiantes.

A lo largo del proceso, se evidenció un aumento progresivo en la comprensión de conceptos complejos, así como una actitud más proactiva de los estudiantes para relacionar lo aprendido con su entorno natural. Los resultados mostraron que la mayoría logró explicar fases del ciclo del agua, reconocer especies de flora y fauna altoandinas y valorar la importancia de la conservación de los páramos.

Para complementar la validación, se recopiló la retroalimentación de los docentes mediante entrevistas semiestructuradas, explorando sus percepciones sobre la efectividad del programa, las estrategias utilizadas para integrar la tecnología y los desafíos enfrentados durante la implementación. Los docentes destacaron que la propuesta mejoró la motivación, la comprensión de procesos difíciles de observar directamente y la relación entre teoría y contexto local. Sin embargo, señalaron la necesidad de contar con más formación técnica y recursos para escalar la estrategia a otros niveles educativos.

La discusión de esta investigación muestra que la implementación de un programa de actividades didácticas con realidad aumentada (RA) para la enseñanza del ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos evidenció un impacto significativo en diversos aspectos del aprendizaje de los estudiantes. Este estudio reafirma que la RA, gracias a su capacidad para combinar elementos virtuales con el entorno real, es una herramienta pedagógica eficaz para promover la comprensión de procesos naturales complejos, tal como señalan Azuma (2019) y Gutiérrez (2023).

Los resultados obtenidos demuestran que estas actividades no solo facilitaron la comprensión conceptual de contenidos como la evaporación, condensación, escorrentía y la función de los páramos como reguladores hídricos, sino que también reforzaron valores como la responsabilidad ambiental, la curiosidad científica y la colaboración entre pares. Este hallazgo coincide con lo planteado por Martínez y Pérez (2023), quienes destacan que la integración de tecnología inmersiva fortalece el clima de aula y genera actitudes positivas hacia la ciencia y el territorio.

Otro aspecto relevante es el fortalecimiento de la identidad local y el vínculo de los estudiantes con su entorno inmediato, al relacionar los contenidos del ciclo del agua con los páramos y bosques montanos de Otavalo. Este enfoque no solo enriquece la experiencia educativa, sino que también contribuye a la valoración y conservación del patrimonio natural, en línea con los hallazgos de Mora (2020) y la UNESCO (2020).

Asimismo, se evidencia que un programa estructurado en fases —diagnóstico, diseño didáctico, implementación y evaluación— es fundamental para atender las necesidades específicas de los estudiantes y garantizar la calidad pedagógica del uso de la RA. Esta organización asegura que las actividades sean claras, accesibles y significativas, como también lo destaca la literatura reciente sobre innovación educativa contextualizada (Sánchez, 2022; Gutiérrez, 2023).

No obstante, se identificaron desafíos relacionados con la disponibilidad de conectividad estable, la dotación de dispositivos tecnológicos y la capacitación docente para manejar y adaptar herramientas de RA al currículo local. En este sentido, es fundamental que las instituciones educativas prioricen la formación continua de los docentes, el acceso equitativo a recursos tecnológicos y la creación de redes de colaboración para compartir materiales y experiencias.

CONCLUSIÓN

Este estudio confirma que la realidad aumentada es una herramienta efectiva para innovar la enseñanza de Ciencias Naturales, especialmente para abordar contenidos como el ciclo del agua y los ecosistemas altoandinos. La implementación de un programa didáctico estructurado, apoyado en RA, demostró ser un espacio valioso para fortalecer la motivación, la comprensión conceptual y la vinculación entre los estudiantes y su territorio.

Los resultados evidenciaron que estas actividades no solo contribuyeron al desarrollo de competencias académicas, sino que también fomentaron valores como la responsabilidad ambiental, la cooperación y el respeto por la biodiversidad local. La participación activa de los docentes, estudiantes y la comunidad educativa fue clave para el éxito de la experiencia, generando un ambiente de aprendizaje motivador e inclusivo.

Sin embargo, el estudio también identificó retos importantes, como la necesidad de formación docente especializada y la provisión de recursos tecnológicos adecuados. Estos elementos son fundamentales para garantizar la sostenibilidad y el impacto a largo plazo de las iniciativas que incorporan RA en contextos rurales e interculturales.

En conclusión, esta propuesta demuestra que es posible y beneficioso integrar tecnologías emergentes en la educación rural, aportando a la construcción de una ciudadanía ambientalmente responsable, crítica y comprometida con la conservación de los ecosistemas altoandinos. Es fundamental continuar promoviendo

y escalando este tipo de innovaciones, asegurando que todos los estudiantes tengan la oportunidad de aprender con herramientas actualizadas, motivadoras y contextualizadas.

REFERENCIAS

- Aguilar, J. (2021). *Metodologías activas y tecnologías emergentes en la educación rural*. Editorial Universitaria Andina.
- Azuma, R. T. (2019). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385.
- Bazán, R. (2022). *Educación intercultural y patrimonio cultural*. Quito: Abya-Yala.
- Bravo, M. (2020). *Innovación didáctica con herramientas digitales*. Editorial EDUCA.
- Domínguez, P. (2022). *Didáctica de la educación ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, F., & López, M. (2022). Realidad aumentada y motivación estudiantil: un estudio de caso en zonas rurales. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 21(1), 45–58.
- Gutiérrez, L. (2023). Realidad aumentada como recurso para la enseñanza de procesos naturales. *Educación y Tecnología*, 12(2), 78–90.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). México D. F.: McGraw-Hill.
- Jiménez, M. (2021). *TIC y aprendizaje significativo en la escuela*. Editorial Magister.
- López, E. (2020). Contextualización curricular y territorio: retos de la educación ambiental. *Revista Iberoamericana de Educación Ambiental*, 15(2), 22–37.
- Martínez, P., & Pérez, R. (2023). Realidad aumentada en la enseñanza de ciencias: impacto en la comprensión de fenómenos naturales. *Revista Educare*, 27(1), 55–68.
- Mora, J. (2020). Educación ambiental y saberes locales en comunidades andinas. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 9(2), 14–25.
- Organización de Estados Iberoamericanos [OEI]. (2021). *Estado de la educación en Iberoamérica 2021*. Recuperado de <https://www.oei.int>
- Parra, C., & Jiménez, M. (2021). Inclusión y educación ambiental: desafíos para América Latina. *Revista Internacional de Educación Inclusiva*, 14(3), 233–248.
- Paredes, V. (2022). Realidad aumentada como estrategia didáctica en la enseñanza de ciencias naturales. *Educación Hoy*, 5(1), 19–32.
- Pérez, L. (2020). Ecosistemas altoandinos: función, conservación y desafíos. *Revista Andina de Biología*, 6(1), 50–66.
- Rodríguez, F. (2019). Desafíos para la integración de tecnologías emergentes en contextos rurales. *Revista de Innovación Educativa*, 18(3), 102–115.
- Sánchez, M. (2022). Capacitación docente en el uso de realidad aumentada: una necesidad urgente. *TIC y Educación*, 11(4), 67–80.
- Solórzano Albarracín, L., Herrera, C., & Quishpe, A. (2023). Educación patrimonial en comunidades altoandinas. *Revista Patrimonio y Sociedad*, 7(2), 95–110.
- UNESCO. (2020). *Educación para el desarrollo sostenible: hoja de ruta*. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.