

Realidad Aumentada Aplicada en Educación: Estado del arte

Applied Augmented Reality in Education: State of the Art

Mario Quirós-Luna¹
Isabel Portuguese-Calderón²
Byron Redondo-Castillo³
Aracely Sáenz-Contreras⁴
Yareth Leal-Arguedas⁵
Juan Carlos Sandí-Delgado⁶

Resumen

Este artículo compila los resultados de una revisión sistemática de literatura que tiene como propósito realizar una revisión del estado del arte de las aplicaciones de la realidad aumentada (RA) a nivel educativo, específicamente, identificar los beneficios de su utilización e integración en los procesos pedagógicos a nivel de primaria, secundaria y educación superior. El estudio se realizó durante el II ciclo lectivo 2021 como parte de un proyecto de investigación del curso “IF-6000 Redes en los Negocios”, correspondiente al plan de estudios de la carrera de Informática Empresarial en el Recinto de Turrialba - Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica. Para alcanzar la meta propuesta, se definieron diferentes criterios de análisis, entre ellos, nivel educativo, propuestas pedagógicas y resultados de utilización. Se obtuvo como resultado que, la mayor parte de las aplicaciones corresponden a enseñanza en grado superior y las aplicaciones tuvieron un avance positivo en su área educativa. Se concluyó que la RA agiliza los métodos pedagógicos y actividades educativas por lo cual son un apoyo fundamental para el avance del sector educativo.

Palabras clave: Realidad virtual, realidad aumentada, realidad aumentada en educación, niveles de realidad aumentada, aplicaciones de realidad aumentada.

¹Recinto de Turrialba-Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica (UCR), Cartago, Costa Rica. Correo: marioquirós21@yahoo.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2723-0661>

²Recinto de Turrialba-Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica (UCR), Cartago, Costa Rica. Correo: p.isabel21@hotmail.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9571-4369>

³Recinto de Turrialba-Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica (UCR), Cartago, Costa Rica. Correo: byron.redondo@ucr.ac.cr ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8604-4017>

⁴Recinto de Turrialba-Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica (UCR), Cartago, Costa Rica. Correo: arasenz15@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1655-5487>

⁵Recinto de Turrialba-Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica (UCR), Cartago, Costa Rica. Correo: yarethleal65@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5312-0108>

⁶Docente e investigador, Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica (UCR), Limón, Costa Rica. Correo: Juan.sandidelgado@ucr.ac.cr ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3932-3045>

Abstract

This article compiles the results of a systematic literature review that aims to carry out a review of the state of the art of augmented reality (AR) applications at an educational level, specifically, to identify the benefits of its use and integration into the pedagogical processes at the primary, secondary and higher education levels. The study was carried out during the II school year 2021 as part of a research project of the course "IF-6000 Networks in Business", corresponding to the study plan of the Business Informatics career at the Turrialba Campus - Atlantic Headquarters, Costa Rica university. To achieve the proposed goal, different analysis criteria were defined, including educational level, pedagogical proposals and results of use. It was obtained as a result that most of the applications correspond to higher education and the applications had a positive advance in their educational area. It was concluded that the RA streamlines pedagogical methods and educational activities, which is why they are a fundamental support for the advancement of the educational sector.

Keywords: Virtual reality, augmented reality, augmented reality in education, augmented reality levels, augmented reality applications.

1. Introducción y motivación

La realidad aumentada (RA) ha revolucionado en los últimos años gracias a la mejora que han tenido los avances en la tecnología, lo que ha permitido que sectores (industria, medicina, aviación, entre otros) tengan acceso a este tipo de tecnologías (Cabero y Jiménez, 2016). En este sentido, uno de los sectores que mayormente se ha beneficiado con el uso e integración de la RA ha sido el sector educación (Badilla y Sandoval, 2016; Villalustre y Del Mora, 2017), ya que le ha permitido tanto al profesorado como a las instituciones educativas innovar sus procesos formativos (Badilla y Sandoval, 2016; De la Horra, 2017).

La RA favorece la percepción de la realidad a través de los sentidos, ya que permite crear espacios donde el mundo digital complementa la información del mundo real, al fundir lo real con lo irreal se forma una realidad híbrida con el fin de comprender mejor el entorno de estudio (FitzGerald, et al., 2013; Villalustre y Del Mora, 2017). Esto le permite al estudiantado comprender de una mejor manera los contenidos que mayormente se les hacen más difíciles de visualizar de forma tradicional (con lecturas), además permite una mayor inclusión a personas con algún tipo de necesidad educativa especial, asimismo, el uso de una tecnología interactiva como lo es la RA, estimula a una mayor participación y motivación por parte del estudiantado (De la Horra, 2017; Valeiras y Zalazar, 2017; Rodríguez, 2021).

En la educación la RA proporciona diversos beneficios, como lo es la innovación, que concede mayor flexibilidad y versatilidad en las estrategias pedagógicas, pues permite personalizar el aprendizaje y realizar actividades interactivas que fomentan en el estudiantado un rol autónomo, activo y motivado. Asimismo, la visualización con los recursos de RA aporta mayor permanencia de los conocimientos y que estos sean adquiridos por medio del descubrimiento (Gazcón, Larregui y Castro, 2016; De la Horra, 2017; Rodríguez, 2021).

Por lo anteriormente expuesto, para esta investigación resulta de interés conocer las áreas a nivel educativo en las cuales se ha incorporado la RA, así como identificar cual ha sido el impacto de su aplicación en el proceso formativo e identificar los posibles cambios que hayan podido surgir en los métodos de enseñanza, a partir de su utilización e integración en el quehacer pedagógico. Igualmente se analiza si la RA incentiva al estudiantado a usar nuevas herramientas tecnológicas para facilitar el estudio y mejorar su experiencia de aprendizaje.

Este artículo está dividido en 8 secciones, las cuales se organizan de la siguiente forma: en el caso del apartado 2 se encuentra el marco teórico, el cual presenta un resumen de los principales conceptos de RA, niveles de RA y las áreas de implementación. El apartado 3, presenta los antecedentes de utilización de RA y aborda los trabajos similares. El apartado 4, describe en detalle la metodología utilizada en la investigación. En el apartado 5, se presenta una descripción de los principales resultados hallados. Finalmente, en el apartado 6, se contemplan las principales conclusiones del estudio

2. Marco Teórico

Para este apartado se toman en cuenta las definiciones de RA, realidad virtual, niveles de la RA, áreas de la educación en la que se implementa la RA y cómo se han adaptado sus procesos de aprendizaje tradicionales a esta tecnología. Lo cual permite comprender el contenido que se analizará más adelante, con el propósito de fortalecer el conocimiento del uso de la RA para el aprendizaje, y a reconocer sus fortalezas en distintas áreas de la educación.

2.1. Realidad Aumentada (RA).

Acorde con diferentes investigadores (Ruiz, 2011; Badilla y Sandoval, 2016; Roopa, Prabha, y Senthil 2021), la RA es una fusión del mundo virtual y el mundo físico, en la cual el usuario visualiza el mundo y a este se le van añadiendo contenidos

sintéticos, brindando diferentes efectos que maximizan la experiencia del usuario. En este sentido, Rodríguez (2021) indica que la RA:

Es una tecnología versátil y funcional que permite enriquecer nuestro entorno añadiendo información virtual a la realidad, posibilitando la creación de nuevos espacios formativos más motivadores e interactivos para los alumnos. Esta tecnología puede integrarse en las diferentes etapas formativas, pero su aplicación en Educación Primaria podría traer beneficios por las posibilidades que ofrece (Rodríguez, 2021, p.168).

De este modo, se denota el potencial que mantiene la RA y los beneficios que puede aportar al ser implementada en distintas áreas educativas, no solo en la enseñanza, sino que, brindando distintos aportes para el aprendizaje. En esta misma línea una de las tecnologías que se vinculan con la RA es la realidad virtual, la cual se ha caracterizado por crear una inmersión totalmente artificial.

2.2. Realidad Virtual.

La realidad virtual ha sido definida por diferentes investigadores (Abásolo et al., 2015; Gazcón, Larregui, y Castro, 2016; Melo, 2018), quienes la definen como una tecnología que provoca que el usuario se sumerja e interactúe en un mundo completamente virtual, sacándolo del mundo real y reemplazándolo por uno artificial, a diferencia de lo que ocurre con la RA, donde se mezclan ambas realidades, a través de la utilización de los objetos físicos de la realidad, lo que permite potenciar y generar una experiencia sensorial, donde el usuario tiene que interactuar tanto con objetos físicos, como con objetos sintéticos dentro de diferentes tipos de niveles de inmersión.

2.3. Niveles de la RA.

En el presente apartado se muestra una breve descripción de los distintos niveles (del 0 al 3) en los que se encuentra la RA, con respecto a sus herramientas y sus aplicaciones. Además, se facilitan ejemplos de aplicación de la RA acorde a cada nivel de inmersión (Blázquez, 2017; Villalustre y Del Mora, 2017; De la Horra, 2017; Melo, 2018).

- **Nivel 0** - Nivel en el cual se localizan los hiperenlaces en el mundo real, por ejemplo, los códigos QR.
- **Nivel 1** - En este nivel se reúne la RA, en este caso, basada en marcadores de referencia, tales como los objetos 3D, los cuales se superponen a una imagen real.

- **Nivel 2** - En este nivel se hace referencia a la RA sin marcadores, por ejemplo, los mapas digitales que se superponen a la realidad a través de la utilización de dispositivos como el GPS.
- **Nivel 3** - En este nivel se localiza la visión aumentada, la cual podría ser a través de la utilización de gafas especiales que permiten visualizar información sin utilizar las manos, además permite recibir órdenes por medio de la voz del usuario.

Acorde con lo anterior, la RA ha impactado de diferentes formas en los distintos niveles en los cuales se ha desarrollado, brindando distintas experiencias de inmersión. Para efectos de este estudio, resulta de interés analizar cómo la RA en sus distintos niveles impacta en el ámbito educativo.

3. Antecedentes y trabajos relacionados

La RA es un implemento tecnológico que ha sido utilizada en distintas investigaciones, en donde muchas de estas utilizan sus beneficios para crear diferentes herramientas que puedan ayudar a mejorar distintas áreas de la educación, este apartado se enfoca en destacar algunas de las aplicaciones que tiene la RA en el aprendizaje; y al mismo tiempo, se dará respuesta a las preguntas: RQ1 y RQ2, descritas en la sección 4, correspondiente a la metodología.

3.1 Áreas de la educación en las que se está implementando la RA (RQ1 y RQ2)

La RA es una tecnología innovadora que ha potenciado distintas áreas de la educación para complementar o mejorar distintos aspectos de los procesos formativos, algunas de estas áreas son:

- **Educación superior:** Para Badilla y Sandoval (2016), la RA ofrece un alto potencial a los procesos de formación, principalmente en educación superior, donde el profesorado y estudiantado son participantes de una experiencia única e innovadora. En este sentido, se describe brevemente algunas de las principales experiencias de las distintas aplicaciones de la RA dentro de diferentes disciplinas en educación superior:
 - **Educación Informática** - La RA ha sido un fuerte aliado para complementar la adquisición de competencias y/o habilidades en programación, generando una mayor motivación e involucramiento de la población estudiantil en las actividades desarrolladas, lo cual, a su vez, facilita un mayor entendimiento de algunos conceptos de programación básicos. (Salazar et al., 2015).

- **Educación en Ingeniería Electrónica** - La RA ha ofrecido diferentes herramientas que han permitido que la población estudiantil del área de Ingeniería Electrónica tenga acceso a modelos de instrumentos utilizados en los laboratorios. Con ello, se ha logrado que al estudiantado se le facilite el proceso de aprendizaje con relación a la estructura y funcionamiento de dichos instrumentos, debido a que la aplicación les permite una interacción directa con el objeto, lo cual les permite potenciar sus conocimientos mediante la observación y análisis (García et al., 2020).
- **Educación en Arquitectura** - La RA ha sido utilizada en la implementación exitosa de diseños de modelos básicos en 2D y 3D en el área de la arquitectura (Fonseca et al., 2013). Esta tecnología de RA brinda ayuda en el uso didáctico en cursos de arquitectura, debido a que le permite al estudiantado una interacción con objetos 3D, donde pueden modificar y alterar parámetros como la escala o la ubicación del objeto (Redondo et al., 2013).
- **Educación escolar:** Para Gazcón et al. (2016) la tecnología de RA es una herramienta de aprendizaje inmersiva, que motiva y ayuda en la comprensión de los estudiantes escolares sobre historia y/o cultura, además, potencia la interacción colaborativa en sus actividades.
- **Educación en alumnos hipoacúsicos:** Según lo indican Valeiras y Salazar (2017), la RA puede ser utilizada en distintos métodos de enseñanza como apoyo con estudiantes con dificultades auditivas, específicamente, le permitirá al alumnado divertirse mientras aprende, facilitando un alto grado de entendimiento en temas abstractos. Además, estimula los receptores del niño, activando su capacidad de aprendizaje, a través de la estimulación de su sistema emotivo y cognitivo.
- **Educación general:** Según Roopa et al. (2021) la RA puede utilizarse tanto para educación superior, como para educación media, preescolar, entre otras. La cual puede ser utilizada y/o aplicada en cualquier asignatura educativa. La RA ha mostrado potencial para que el estudiantado pueda entretenerse mientras aprende, incentivando la retención de los contenidos. En esta misma línea, Ruiz (2011) agrega que la RA puede ser utilizada para mejorar los métodos de enseñanza y para hacer una mejora en la experiencia del usuario en las

actividades que se brindan en los museos, los cuales en la actualidad son considerados como espacios educativos.

El adaptar los procesos de aprendizaje tradicionales a procesos formativos con uso e integración de la RA requiere de cambios en el sistema educativo superior, principalmente a nivel de las propuestas pedagógicas que permitan el uso e integración de estas nuevas tecnologías (Badilla y Sandoval, 2016), debido a que la RA permite mejorar la motivación del estudiantado por el aprendizaje, al utilizar herramientas como libros aumentados, la reconstrucción de objetos 3D y aplicación de la RA en tareas de campo, entre otros (Ruiz, 2011; Gazcón et al., 2016).

Por ello, la inserción de esta nueva tecnología debe darse de forma pausada, iniciando exploraciones de elementos en 2D y 3D, donde el estudiantado pueda modificar y crear estos objetos por sí mismos, además de interactuar entre el mundo virtual y el real para maximizar su experiencia y aprendizaje (Fonseca et al. 2013; Redondo et al. 2013; Badilla y Sandoval, 2016), o bien, para explorar diferentes tipos de herramientas e instrumentos, lo cual les permite potenciar su aprendizaje de una forma no tradicional (García et al., 2020). Posteriormente, se podría implementar otras herramientas de RA más avanzadas, tal como la RA móvil (Roopa et al., 2021), la cual ha sido utilizada como complemento en cursos introductorios, como en el caso de la programación, para potenciar conceptos básicos de forma sencilla y funcional (Salazar et al., 2015), así como en la enseñanza de la teoría de triángulos en matemáticas, la cual permite una mejor calidad en la educación de la población estudiantil con problemas auditivos y, potenciar una disminución de la barrera entre la capacidad de aprendizaje y la discapacidad (Valeiras y Salazar, 2017).

4. Metodología

Como metodología se desarrolla una revisión sistemática de literatura, con el fin de conocer principalmente en qué áreas de la educación se está implementando la RA y cómo se está realizando el proceso de adaptación a esta tecnología. Se ha tomado en cuenta el protocolo propuesto por Kitchenham et al. (2009), el cual se compone de los siguientes elementos: preguntas de investigación, técnicas de búsqueda de información, definición de palabras clave, criterios de inclusión y exclusión, y el proceso de selección preliminar y final.

Para el apartado 4.1 se presenta el enfoque de la investigación. En el apartado 4.2 se muestra la población de estudio. En el caso del apartado 4.3 se describe la técnica de recolección de información. En cuanto al apartado 4.4 se presentan las cadenas de búsqueda y las palabras clave. En la sección 4.5 se refiere al procesamiento de la información, dividido en criterios de inclusión y exclusión, además del proceso de selección preliminar y proceso de selección final, para finalizar con los resultados obtenidos. En base al objetivo de estudio se han definido 2 preguntas de investigación (RQs): RQ1. ¿En cuáles áreas del ámbito educativo se está implementando la RA?, ¿Qué antecedentes existen al respecto? RQ2. ¿Cómo se han adaptado los procesos de aprendizaje tradicionales a la RA? y ¿Qué acciones se han tomado al respecto?

4.1 Enfoque de investigación

Para dar respuesta al objetivo de esta investigación se hizo uso de un enfoque metodológico cualitativo, de acuerdo con Villa (2015), la investigación cualitativa permite realizar análisis que permitan obtener descripciones detalladas del objeto de estudio.

Además, esta investigación es de tipo descriptivo, en donde se realizó una revisión de distintos estudios primarios, la cual permitió la obtención de información que permitió abordar conceptos, características y aplicaciones de la tecnología de RA.

4.2 Población de estudio

Para efectos de esta investigación, la población de estudio corresponde a estudios primarios relacionados al desarrollo de la RA en distintas áreas de la educación, en dichos estudios se describen proyectos que utilizan la RA como variante a las metodologías tradicionales de educación utilizadas en diferentes áreas de conocimiento.

4.3 Técnica de recolección de la información.

La información se recolectó de una serie de estudios primarios con el tema de la RA, posteriormente se enfocó en distintas áreas de la educación, en primera instancia de estos artículos se extrajo los autores, el título, fecha de publicación, fuente de la que se recuperó el estudio, el idioma y el país de origen. Además, se realizó de cada artículo un resumen en él se recopilaban los objetivos, conceptos, metodologías y resultados más relevantes.

Para la búsqueda de los artículos se optó por consultar diferentes bases, las cuales permitieron el acceso a referencias publicadas en revistas y congresos con

referato internacional, tales como IEEE, EBSCO, SCOPUS, ProQuest, ScienceDirect, entre otras (Martínez, 2016), debido a la facilidad de acceso y confiabilidad de los documentos publicado a nivel nacional e internacional (Mesén-Hidalgo y Sandí-Delgado, 2020; Sandí-Delgado, 2020; Sandí-Delgado y Bazán, 2021).

4.4 Palabras clave y cadenas de búsqueda.

Se definieron distintas palabras claves, así como cadenas de búsqueda en español e inglés, las cuales estuvieran relacionadas en gran medida con el tema de la investigación. En este caso se usaron palabras claves como: realidad aumentada (*augmented reality*), realidad virtual (*virtual reality*), niveles de realidad aumentada (*augmented reality levels*), entre otras. Las cadenas de búsqueda estuvieron formadas por la combinación de diferentes palabras clave tanto en idioma español como en idioma inglés.

4.5 Procesamiento de la información.

En este apartado se presentarán los criterios tanto de inclusión como de exclusión los cuales serán empleados para delimitar los estudios que se tomarán en cuenta para la investigación, así como los procesos que se llevarán a cabo para realizar esta búsqueda de investigaciones.

4.5.1. Criterios de inclusión.

Los criterios definidos para la inclusión de los estudios primarios son los siguientes:

- Referencias en español y en inglés.
- Documentos actuales entre el año 2015 y 2021.
- Documentos que contemplen distintos usos que se le puede dar a la RA, para agilizar o facilitar los procesos educativos.
- Documentos en los que se presenten casos de éxito, en la implementación de la RA.
- Documentos donde se contemple la RA como una tecnología que puede motivar al estudiantado en sus estudios.

4.5.2. Criterios de exclusión

Entre los criterios de exclusión de los estudios primarios se contempló lo siguiente:

- Artículos que no estuvieran escritos ni en español, ni en inglés.
- Artículos que no estén relacionados con la RA o con la realidad virtual.
- Documentos que no abarquen el espacio temporal planteado.

- Artículos que no estén publicados en bases de datos indexadas.
- Artículos incompletos.

4.5.3. Proceso de selección preliminar

En el caso del proceso de selección preliminar se realizó la búsqueda de los estudios primarios que cumplieran un determinado rango de tiempo de publicación y estuviesen relacionados con la temática de la RA. Luego, se procedió con la lectura del título, palabras clave y resumen.

4.5.4. Proceso de selección final

En este caso, se procedió con la lectura completa de los artículos obtenidos durante la selección preliminar. Luego, se procedió con la elaboración de una ficha bibliográfica por cada documento seleccionado, dicha ficha reúne el objetivo de investigación, metodología, población en estudio, resultados y conclusiones. Posteriormente, se compararon las fichas para destacar los temas en común y de interés acorde a los objetivos propuestos en esta investigación.

4.5.5. Resultados obtenidos

Se encuentran importantes similitudes y diferencias entre toda la información reunida, lo cual nos permite entender que el desarrollo de la temática puede ser amplio. Se busca delimitar correctamente la información que tenemos a disposición para no dejar alguna sección incompleta o con contenido que no se pueda considerar valioso para esta investigación.

5. Resultados

En esta sección se resumen y describen en detalle los criterios de análisis establecidos para llevar adelante esta investigación, acorde a los objetivos propuestos.

5.1 Criterios de análisis

Los criterios de análisis se contemplan a partir de las secciones 2.1, 2.2, 2.3 y 3.1, en las cuales se detallan los distintos niveles tanto educativos como de RA.

En la Tabla 1 se resumen los 9 criterios de análisis que fueron agrupados en 2 categorías, los cuales se determinaron para el análisis de las aplicaciones de la RA utilizadas en el ámbito educativo.

Tabla 1
Criterios de análisis

Categoría	Criterios
A. Aspectos generales	C1. País de origen de la experiencia
	C2. Idioma de la aplicación
	C3. Nivel Educativo
	C4. Área Educativa
B. Aspectos de aplicación	C5. Propuestas pedagógicas
	C6. Resultados de utilización
	C7. Nivel de inmersión
	C8. Aplicaciones que se puede realizar según el nivel de RA
	C9. Usos tecnológicos

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

A continuación, se describirán los criterios de análisis acorde a cada categoría establecida, con el fin de brindar contexto y mejorar la comprensión.

A. Aspectos Generales

Esta categoría reúne 4 criterios: país de origen de la experiencia, idioma de la aplicación utilizada, el nivel educativo al que está dirigida y el área del conocimiento en la que fue aplicada la experiencia.

- **C1. País de origen de la experiencia:** Se refiere al país en el cual se desarrolla la experiencia educativa.
- **C2. Idioma de la aplicación:** Se refiere al idioma en el cual se encuentra disponible la aplicación de RA utilizada.
- **C3. Nivel Educativo:** Se refiere al nivel de enseñanza que se les da a las personas según su rango de edad empezando desde la educación escolar hasta la educación superior.

- **C4. Área Educativa:** Hace referencia al área del conocimiento en la cual es aplicada la RA, por ejemplo; informática, medicina, arquitectura, entre otras.

B. Aspectos de aplicación

- **C5 Propuestas pedagógicas:** Hace referencia a las propuestas que se dan para integrar la RA con el contenido educativo.
- **C6 Resultados de utilización:** Se refiere al grado de éxito que presenta la RA al aplicarse a los distintos niveles de educación y sus respectivas áreas.
- **C7 Nivel de inmersión:** Se refiere a los distintos niveles de inmersión que forman parte de la RA y las tecnologías necesarias para cada uno, por ejemplo, códigos QR, objetos en 3D, entre otros.
- **C8 Aplicaciones que se puede realizar según el nivel de RA:** Hace referencia a las aplicaciones que se realizan según el nivel de RA necesario para brindar solución a una tarea o problema.
- **C9 Usos tecnológicos:** Se refiere a los usos que se le puede dar a la RA independiente de su nivel y ámbito.

Con base en los criterios planteados se muestra la implementación de la RA en la educación y su grado de éxito en sus distintas áreas.

5.2. Casos de éxito seleccionados para el análisis.

En la Tabla 2 se caracterizan los casos de éxito tomados en cuenta para el análisis, utilizando las 9 categorías definidas anteriormente en la tabla 1 del apartado 5.1.

Tabla 2
Casos de éxito.

Siglas	Nombre del caso de éxito
MEH	Material educativo hipermedial
EPRA	Herramienta para la Enseñanza de Conceptos Básicos de Programación utilizando Realidad Aumentada
ORA	Osciloscopio con RA
R3D y M3DLA	Reconstrucción 3D y Modelos 3D en libros aumentados
D2D3D	Diseños 2D y 3D.

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los casos de éxito tomados en cuenta en la tabla anterior, con el fin de brindar contexto y mejorar la comprensión.

5.2.1 Caso de éxito EPRA: Herramienta para la Enseñanza de Conceptos Básicos de Programación utilizando Realidad Aumentada.

Esta investigación se realizó en Argentina, tuvo como objetivo implementar la RA para complementar los métodos de enseñanza de los principios básicos presentados en los distintos cursos de introducción a la programación. En este caso, según los autores, las pruebas a los profesores concluyen que EPRA brinda en mayor medida motivación, interacción y ejercitación sobre estructuras de control. Además, en la evaluación de su experiencia en la actividad, el 63% dijo que esta fue muy satisfactoria y un 25% dijo que fue satisfactoria (utilizando la escala de Likert), por lo que las sesiones fueron del agrado de la mayoría, en este caso, la actividad de integración se vio como la mejor opción para brindar ayuda a los estudiantes en su entendimiento de la materia (Salazar et al., 2015).

Por último, también se vio que esta tecnología no solo puede ser utilizada para este propósito, sino que también se puede utilizar para cursos de ingreso e incluso en secundaria. Además, se puede mejorar esta herramienta, generando mayor motivación al estudiante y brindando una mejor diferenciación de las estructuras de control, para así, dar mayor posibilidad al alumno hacia la comprensión de estos conceptos (Salazar et al., 2015).

5.2.2 Caso de éxito MEH: Material educativo hipermedial.

Según lo indica Valeiras y Salazar (2017), el material educativo hipermedial tiene como propósito hacer una mejora en la calidad de educación de los niños que presentan problemas auditivos, en este caso haciendo uso tanto de material multimedia como de la RA para enseñar sobre los triángulos en matemáticas. Esta investigación fue llevada a cabo en Argentina y plantean que el uso de imágenes 3D puede ser un gran avance y apoyo para los estudiantes, así como la futura implementación de este tipo de herramientas no solo para escritorio, sino también para dispositivos móviles dando mayor accesibilidad y facilidad de uso (Valeiras y Salazar, 2017).

5.2.3 Caso de éxito ORA: Osciloscopio con RA.

Este caso fue llevado a cabo en Argentina y presenta que con el uso de la RA se pretende desarrollar una herramienta capaz de simular un Osciloscopio real, con el fin de facilitar el acceso de este recurso al estudiantado de primer ingreso de universidad de la carrera de Ingeniería Electrónica. Con respecto a los resultados, el buen funcionamiento y utilidad del Osciloscopio se debió a la facilidad de uso que tubo, así como a la representación de manera fiel de un Osciloscopio real de laboratorio, dando al estudiantado una guía e introducción a su uso (García et al., 2020).

5.2.4 Caso de éxito R3D y M3DLA: Reconstrucción 3D y Modelos 3D en libros aumentados.

En este caso se presenta una investigación llevada a cabo en Argentina, la cual está enfocada en la implementación de la RA en la educación, haciendo uso de dos herramientas, una para los estudiantes de paleontología y geología; y la otra para los estudiantes de matemática y física. No obstante, no solamente se enfocará en mejorar los métodos de enseñanza, sino que también, como herramienta para mejorar la motivación del estudiantado al aprender. Así mismo, el caso de estudio tuvo resultados sumamente positivos en la implementación de las herramientas en conjunto, aunque, los profesores estaban divididos en cuál era la herramienta más atractiva. En el caso de los profesores de paleontología y geología, veían más provechoso el uso de la reconstrucción 3D para el aprendizaje; mientras que los profesores de matemática o física, veían más provechoso el uso de esos modelos 3D en los libros aumentados (Gazcón et al. 2016).

Además, la mayoría estuvo de acuerdo en que debería haber una formación para profesores que desean utilizar esta tecnología y sus herramientas asociadas. Aunque, la investigación obtuvo resultados en los que se determinaba que estas herramientas tienen facilidad de uso aún para personas que no la conocen, y en el caso de los estudiantes, también se determinó que brinda grandes resultados, ayudando en la motivación y en la retención de información (Gazcón et al. 2016).

5.2.5 Caso de éxito D2D3D: Diseños 2D y 3D.

En el caso de esta investigación fue llevada a cabo en España y tiene como propósito hacer un análisis del efecto de la RA sobre la arquitectura, y demostrar con ejemplos sencillos lo importante que puede ser esta tecnología poco explorada en el ámbito de la arquitectura, utilizando diseños en 2D y 3D para que los estudiantes puedan interactuar mientras aprenden (Redondo et al., 2013).

Los resultados se obtuvieron realizando cuestionarios a los estudiantes involucrados en las pruebas, en dichas encuestas se buscaba evaluar principalmente la efectividad, eficiencia, y satisfacción, en el uso de las herramientas de RA en la clase, en comparación con las herramientas que no contaban con esta tecnología, las calificaciones en las encuestas variaron entre un 3.31 a 3.46 sobre 5. Y la valoración global de los cursos resultó en un 3,51 sobre 5, por lo que se puede considerar que la implementación de RA en los cursos tuvo un aporte mayormente positivo en este caso de estudio (Redondo et al., 2013).

5.3. Análisis de resultados a partir de los criterios de evaluación.

Respecto a los datos obtenidos en el análisis a los distintos casos de éxito, presentados anteriormente, se obtuvieron ciertos resultados generales. Así mismo, estos datos serán identificados con el fin de presentar las distintas características vinculadas a los proyectos que implementan la RA. Sin embargo, para este análisis se debe recalcar, que se cuenta con una muestra pequeña, la cual será utilizada para dar a conocer los distintos avances logrados por estas 5 investigaciones seleccionadas.

5.3.1. Aspectos Generales

Primeramente, con respecto a la categoría de los aspectos generales, se tomó en cuenta cuatro criterios para caracterizar las investigaciones, presentando una tabla de cada criterio, con su respectivo párrafo en el que se mostrará la síntesis de su información.

Tabla 3
C1. País de origen de la experiencia

Siglas	País (C1)
MEH	Argentina
EPRA	
ORA	
R3D y M3DLA	
D2D3D	España

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

En la Tabla 3 se muestra que la mayoría de los casos estudiados son de América del Sur, perteneciendo todos a Argentina (4), para un total de 80%, mientras que el otro 20% corresponde a España (1), mostrando que la mayor parte de los estudios se centran en avances hechos en Latinoamérica, mostrando que aun sin ser una región altamente tecnológica, ha incursionado en avances en esta área tan importante para el desarrollo.

Tabla 4
C2. Idioma de la aplicación.

Siglas	Idioma (C2)
MEH	Español
EPRA	
ORA	
R3D y M3DLA	
D2D3D	Español / Inglés

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

En cuanto a la Tabla 4, se muestra que la mayoría de aplicaciones se encuentran en idioma español, siendo las 4 pertenecientes a Argentina, las que se encuentran enfocadas específicamente al público hispanohablante, y en el caso de la investigación europea, originalmente se encuentra en español y posee una traducción en inglés, resaltando la cantidad de aplicaciones escogidas que fueron elaboradas en América Latina, lo cual influye en la predominancia de este idioma. Además, la investigación con traducción en inglés, al ser un lenguaje universal, puede tener un mayor alcance en distintos lugares.

Tabla 5
C3. Nivel Educativo.

Siglas	Nivel Educativo (C3)
MEH	General
EPRA	Superior
ORA	
R3D y M3DLA	
D2D3D	

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

Con respecto a la Tabla 5, se muestra que la mayor parte de las aplicaciones corresponden a enseñanza en grado superior (4), mientras que en el caso del material educativo hipermedial se caracteriza por no centrarse en un nivel educativo específico, ya que, puede ser utilizado por estudiantes y profesores de cualquier grado educativo (Valeira y Salazar, 2017). Resaltando la facilidad de adaptación de esta tecnología para solucionar distintos tipos de problemas según al área a la que se enfoque.

Tabla 6
C4. Área Educativa.

Siglas	Área Educativa (C4)
MEH	Matemática
EPRA	Informática
ORA	Ing. Electrónica
R3D y M3DLA	Paleontología, geología, Física y Matemática
D2D3D	Arquitectura

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

Así mismo, la Tabla 6, expresa que, respecto al área educativa, casi todas las aplicaciones se especializan en una distinta, la única similitud se encuentra entre el material educativo hipermedial (Valeira y Salazar, 2017) y los modelos 3D en libros aumentados (Gazcón et al. 2016), los cuales se especifican en el área de las matemáticas, mientras que el resto están centradas en distintos ámbitos. Lo cual demuestra que las herramientas de la RA pueden ser utilizadas para implementarse en distintos sectores educativos y, puede ser adaptada para distintas necesidades.

5.3.2. Aspectos de aplicación.

Como segunda categoría se encuentran los aspectos de la aplicación, para los cuales se tomó en cuenta 5 criterios distintos para caracterizar las aplicaciones, del mismo modo, presentando una tabla de cada criterio, con su respectivo párrafo en el que se mostrará la síntesis de su información.

Tabla 7
C5. Propuestas pedagógicas.

Siglas	Propuestas pedagógicas (C5)
MEH	Enseñanza de triángulos
EPRA	Apoyo en cursos básicos de programación
ORA	Simulación de un osciloscopio
R3D y M3DLA	Reconstrucción de objetos 3D y Modelos 3D para la interacción.
D2D3D	Utilización de modelos 2D y 3D para la enseñanza de arquitectura

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

Con respecto a la Tabla 7, aunque todas las aplicaciones se centren en una propuesta distinta, igualmente todas comparten el hecho de enfocarse en la educación o agilización de actividades educativas. Tal como en el caso del Osciloscopio con RA (García et al., 2020), el cual brinda al estudiante una facilidad de acceso a los distintos instrumentos de laboratorio o en el caso de los demás casos de éxito, en los cuales se da apoyo a la enseñanza en sus distintas áreas educativas.

Tabla 8**C6. Resultados de utilización**

Siglas	Resultados de utilización (C6)
MEH	Mejora en el nivel de abstracción
EPRA	Mejora en la motivación, interacción, ejercitación y comprensión.
ORA	Mayor facilidad de acceso
R3D y M3DLA	Ayuda en la interacción, motivación y participación del estudiante.
D2D3D	Mejora en la comprensión, interacción, y ejercitación.

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

Para la Tabla 8, se denota que, en su totalidad, las aplicaciones tuvieron un avance positivo en su área educativa, solucionando un problema que se presentaba o mejorando un método de aprendizaje. Haciendo el estudio más interactivo y aumentando tanto la motivación como la comprensión de la materia estudiada, destacando las mejoras que se presentaron al implementar la RA en temas altamente abstractos, como en el caso de EPRA (Salazar et al., 2015), con la informática y los Modelos 3D en libros aumentados (Gazcón et al., 2016), con las matemáticas.

Tabla 9**C7. Nivel de inmersión****C8. Aplicaciones que se pueden realizar según el nivel de RA**

Siglas	Nivel de inmersión (C7)	Aplicaciones que se pueden realizar según el nivel de RA (C8)
MEH	Nivel 1	Uso de marcadores y superposición de imágenes
EPRA		
ORA		
R3D y M3DLA		
D2D3D		

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

En este caso, en la Tabla 9 se describe que todas las aplicaciones comparten las características de pertenecer al nivel de inmersión 1, específicamente por utilizar marcadores y la superposición de imágenes en sus respectivos proyectos (Blázquez, 2017; Villalustre, y Del Mora, 2017; De la Horra, 2017; Melo, 2018). Esto demuestra

que al ser más accesible que los demás niveles y su facilidad de uso, puede ser implementado de una manera más sencilla en distintas áreas educativas.

Tabla 10
C9. Usos tecnológicos.

Siglas	Usos tecnológicos (C9)
MEH	Ayuda a estudiantes hipoacúsicos a comprender temas con alto grado de abstracción
EPRA	Apoya la comprensión de los estudiantes en sus cursos básicos de programación
ORA	Para adentrar al estudiante de manera escalonada en el ambiente de laboratorio
R3D y M3DLA	Apoya la interacción y el aprendizaje de los estudiantes con objetos y modelos 3D
D2D3D	Puede ser utilizado para mostrar objetos en gran detalle, potenciando la comprensión e interacción de estos.

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

Para la Tabla 10, la totalidad de las aplicaciones, son utilizadas con el fin de ayudar o dar apoyo en distintas áreas de la educación, mejorando la comprensión de temas abstractos, así mismo, también adentran al estudiantado de manera escalonada al ambiente de laboratorio como en el caso del Osciloscopio con RA (García et al., 2020); por otro lado, mejora la interacción con la materia presentada en cursos como paleontología y geología, como en el caso de la reconstrucción 3D (Gazcón et al., 2016); y finalmente en el caso de diseños 2D y 3D, ayudan a los estudiantes de arquitectura con la presentación y comprensión de la materia (Redondo et al., 2013).

Tabla 11
Resumen de las características según los criterios de análisis.

Casos de éxito	Criterios								
	Aspectos generales				Aspectos de la aplicación				
Siglas	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
MEH	Argentina	Español	General	Matemática	Enseñanza de triángulos	Mejora en el nivel de abstracción	Nivel 1	Uso de marcadores y superposición de imágenes	Ayuda a estudiantes hipoacúsicos a comprender temas con alto grado de abstracción
EPRA			Superior	Informática	Apoyo en cursos básicos de programación	Mejora en la motivación, interacción, ejercitación y comprensión.			Apoya la comprensión de los estudiantes en sus cursos básicos de programación
ORA				Ing. Electrónica	Simulación de un osciloscopio	Mayor facilidad de acceso			Para adentrar al estudiante de manera escalonada en el ambiente de laboratorio
R3D y M3DLA				Paleontología, geología, Física y Matemática	Reconstrucción de objetos 3D y Modelos 3D para la interacción.	Ayuda en la interacción, motivación y participación del estudiante.			Apoya la interacción y el aprendizaje del estudiantado con objetos y modelos 3D
D2D3D	España	Inglés		Arquitectura	Utilización de modelos 2D y 3D para la enseñanza de arquitectura	Mejora en la comprensión, interacción, y ejercitación.			Puede ser utilizado para mostrar objetos en gran detalle, potenciando la comprensión e interacción de estos.

Nota: Elaboración propia de los autores, 2021.

6. Conclusiones

La investigación realizada permitió indagar y recolectar un conjunto de artículos relacionados con la RA y su aplicación en el ámbito educativo, permitiendo analizar los beneficios que brinda la RA tanto a docentes como al estudiantado.

De acuerdo a la investigación, se puede decir que la RA tiene gran capacidad para adaptarse a cualquier entorno y necesidad, por lo tanto, su uso no está limitado a una sola área o nivel educativo, esto permite que sea aprovechada por cualquier especialidad o grado académico, desde escolar hasta educación superior.

Acorde a los resultados entre los beneficios que aporta la RA se encuentra la agilización de los métodos pedagógicos y actividades educativas, también el incremento de la interacción, motivación e inclusión del estudiantado, asimismo, facilita la comprensión de temas abstractos, brindando claridad y acceso al estudiante a temas que antes eran difíciles de interpretar.

De modo que las aplicaciones de RA son un apoyo fundamental para el avance del sector educativo, recalcando que, en los estudios analizados sólo se implementó el nivel 1 de RA y los beneficios fueron notables, por lo cual, si se implementan niveles con mayor inmersión o utilización, el modo de ver la educación podría verse mejorado y revolucionar tecnológicamente.

8. Referencias

- Abásolo, M., Mitaritonna, A., Encina, N., Vicenzi, M., Borelli, L., De Giusti, A. E., Naiouf, M., y Giacomante, J. (2015). Realidad Aumentada y Realidad Virtual. En *XVII Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación* (pp. 1-5). Salta, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45666>
- Badilla, M., y Sandoval, A. M. (2016). Realidad aumentada como tecnología aplicada a la educación superior: Una experiencia en desarrollo. *Innovaciones Educativas*, 17(23), 41–50. <https://doi.org/10.22458/ie.v17i23.1369>
- Blázquez, A. (2017). *Realidad Aumentada en Educación*. Universidad Politécnica de Madrid. GATE <https://oa.upm.es/45985/>
- De la Horra, I. (2017). Realidad Aumentada, una revolución educativa. EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC, 6(1), 9-22. <https://doi.org/10.21071/edmetec.v6i1.5762>
- FitzGerald, E., Ferguson, R., Adams, A., Gaved, M., Mor, Y., y Thomas, R. (2013). Augmented reality and mobile learning: the state of the art. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 5(4), 43- 58. doi:10.4018/ijmbl.2013100103
- Fonseca, D., Villagrasa, S., Martí, N., Redondo, E., y Sánchez, A. (2013). Visualization Methods in Architecture Education Using 3D Virtual Models and Augmented Reality in Mobile and Social Networks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 1337–1343. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281303485X>
- García, S., Maitia, D. I., Lambre, J. M., Veiga, R. A., y Aveleyra, E. (2020). Desarrollo de un Osciloscopio con Realidad Aumentada para un Curso Introductorio de Ingeniería Electrónica. En *IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON)*, (pp. 1–7). Resistencia, Argentina. <https://doi.org/10.1109/ARGENCON49523.2020.9505331>
- Gazcón, N. F, Larregui, J. I, y Castro, S. M. (2016). La Realidad Aumentada como complemento motivacional: Libros aumentados y reconstrucción 3D. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 17, 7–15. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/54196>
- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J. y Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering - A systematic

- literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7-15.
<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Martínez, L. J. (2016). Cómo buscar y usar información científica: Guía para estudiantes universitarios. Recuperado de <https://t.ly/4EMD>
- Mesén-Hidalgo, R., y Sandí-Delgado, J. C. (2020). Analyzing experiences of using effective feedback in the ESL classroom through the use of digital technologies. En M. Carmo (Ed.), *Proceedings of Education and New Developments (END 2020)* (pp. 319–323), Zagreb, Croatia.
<https://doi.org/10.36315/2020end068>
- Melo, I. M. (2018). Realidad aumentada y aplicaciones. *Tecnología, Investigación y Academia TIA*, 6(1), 28–35.
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/11281>
- Mesia, N. A, Sanz, C., y Gorga, G. (2019). Posibilidades de las librerías de Realidad Aumentada en el desarrollo de actividades educativas. En *XIV Congreso Nacional de Tecnología En Educación y Educación En Tecnología (TE&ET)*, (pp. 47–55). San Luis, Argentina.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/90720>
- Pérez Díaz, R. (2016). Realidad aumentada. Tecnología para la formación. Edutec. *Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (57), a346.
<https://doi.org/10.21556/edutec.2016.57.768>
- Redondo, E., Fonseca, D., Sánchez, A., y Navarro, I. (2013). New strategies using handheld augmented reality and mobile learning-teaching methodologies, in architecture and building engineering degrees. *Procedia Computer Science*, 25, 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.007>
- Rodríguez, B. (2021). Realidad Aumentada en Educación Primaria: Revisión sistemática. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 77, 169–185. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.77.1703>
- Roopa, D., Prabha, R., y Senthil, G. A. (2021). Revolutionizing education system with interactive augmented reality for quality education. *Materials Today: Proceedings*, 46, 3860–3863. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.294>
- Ruiz, D. (2011). Realidad Aumentada, educación y museos. *Revista ICONO14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 9(2), 212–226. <https://doi.org/10.7195/ri14.v9i2.24>

- Salazar, N. A., Gorga, G. M., y Sanz, C.V. (2016). Experiencia con Realidad Aumentada. Análisis de la incidencia en la comprensión de las estructuras de control. En *XXII Congreso Argentino de Ciencias de La Computación (CACIC)* (pp. 1231–1241). San Luis, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/56278>
- Sandí-Delgado, J. C. (2020). Desarrollo de competencias digitales en el profesorado a través de juegos serios: un estudio de caso aplicado en la Universidad de Costa Rica (UCR). *E-Ciencias de la Información*, 10(2), 1–27. <https://doi.org/10.15517/eci.v10i2.38946>
- Sandí-Delgado, J. C., y Bazán, P. A. (2021). Diseño de juegos serios: Análisis de metodologías. *E-Ciencias de la Información*, 11(2), 1–24. <https://doi.org/10.15517/eci.v11i2.45505>
- Valeiras, S., y Salazar, N. A. (2017). Material educativo hipermedial con realidad aumentada para la enseñanza y aprendizaje de triángulos a alumnos hipoacúsicos. En *XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación* (pp. 354–362). La Plata, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/63609>
- Villa, A. (2015). *variables de Daniel Cauas*. Academia. https://www.academia.edu/11162820/variables_de_Daniel_Cauas?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page
- Villalustre, L. y Del Moral, M. E. (2017). Juegos perceptivos con realidad aumentada para trabajar contenido científico. *Educação, Formação & Tecnologias*, 10(1), 36–46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6050651>