

Realidad aumentada (RA): aplicaciones y desafíos para su uso en el aula de clase

Augmented reality (RA): applications and challenges for using it in the classroom

Realidade aumentada (RA): aplicações e desafios para uso em sala de aula

Henry Alberto Cárdenas Ruiz
Fredy Yesid Mesa Jiménez
Marco Javier Suarez Barón

Henry Alberto Cárdenas Ruiz¹
Fredy Yesid Mesa Jiménez²
Marco Javier Suarez Barón³

- ^{1.} Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Aspirante a Magíster en Tecnología Informática, Facultad de Ingeniería de Sistemas; correo electrónico: henry.cardenas@uptc.edu.co
- ^{2.} Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Doctor en Ciencias de la Educación, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; correo electrónico: fredy.mesa@uptc.edu.co
- ^{3.} Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Autónoma Popular del Estado de Puebla; correo electrónico: marco.suarez@uptc.edu.co

Fecha de recepción: 5 de junio de 2018/ Fecha de aprobación: 26 de septiembre de 2018

Resumen

La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología en auge, por ello, basados en principios de investigación documental y búsqueda en bases de datos, el presente artículo da a conocer algunas de sus implicaciones en las aulas de clase, a partir de investigaciones que evidencian el trabajo con ella en la educación o en distintas actividades; la lectura permitirá identificar parte de la evolución de la RA, algunos software utilizados para trabajar con ella, su relevancia y posibles cambios en los tradicionales procesos de enseñanza-aprendizaje, concluyendo con aportes que realiza a dichos procesos y aspectos llamativos sobre cómo, junto con la inclusión de las TIC, sobresale en tanto herramienta didáctica en las aulas.

Palabras clave: Realidad Aumentada, educación, aprendizaje.

Abstract

Being the augmented reality (AR) technology on the rise, based on principles of documentary research and search databases, in this article are given to know some implications of the AR in the classroom, focusing on research showing the work with AR in education or in various activities; reading can be identified part of the evolution of the AR, some software used for AR, its relevance and possible changes in the traditional processes of teaching - learning, ending contributions of AR in these processes and striking aspects of the AR together with the inclusion of TIC are outstanding as teaching tools in the classroom.

Keywords: Augmented Reality, education, learning.

Resumo

Realidade Aumentada (RA) é um tecnologia em expansão, portanto, com base princípios da pesquisa documental e procurar em bases de dados, o presente artigo divulga algumas de suas implicações nas salas de aula, para de investigações que mostram trabalhar com ela na educação ou em atividades diferentes; a leitura permitirá identificar parte da evolução do RA, algum software usado para trabalhar com ela, sua relevância e possível mudanças nos processos tradicionais de ensino-aprendizagem, concluindo com contribuições feitas para esses processos e aspectos impressionantes sobre como, juntos com a inclusão das TIC, destaca-se em muita ferramenta didática nas salas de aula.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, educação, aprendendo.

Introducción

En la actualidad, aprender haciendo y adquirir conocimientos partiendo de la experiencia son rasgos a resaltar en el proceso de enseñanza-aprendizaje; en tal contexto, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) se convierten en una herramienta valiosa que potencia este proceso, facilitando de una u otra manera la implementación de experiencias de aprendizaje que se hacían más difíciles sin su presencia (López, 2017); por otro lado, la RA ofrece características prácticas e innovadoras en la forma de ver y utilizar las imágenes, pues “refuerza el aprendizaje e incrementa la motivación por aprender” (Ortiz, 2012).

El presente artículo es la parte inicial de una investigación que busca integrar el uso de la RA en el área de biología para básica secundaria y, con base en los resultados, busca evidenciar si el apoyo de las TIC y el uso de la RA influyen o no el proceso de aprendizaje con los estudiantes, partiendo del aprendizaje adquirido en la visita a un herbario real frente a la utilización de un herbario con RA en el aula de clase.

Métodos

A continuación se presentan algunas investigaciones destacadas en el área de estudio, fundamentadas en principios de investigación documental, adaptando la metodología propuesta por Botero (2000), buscando en bases de datos como Scopus y EbscoHost publicaciones que no excedieran los últimos siete años, teniendo en cuenta palabras clave como: “*Augmented Reality*”, para luego orientar la consulta al ámbito educativo, con términos como: “*Augmented Reality in Education*” y, por último, centrar la búsqueda en documentos en español desde palabras como: “Realidad Aumentada”, obteniendo los resultados que se exponen en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Consultas en bases de datos

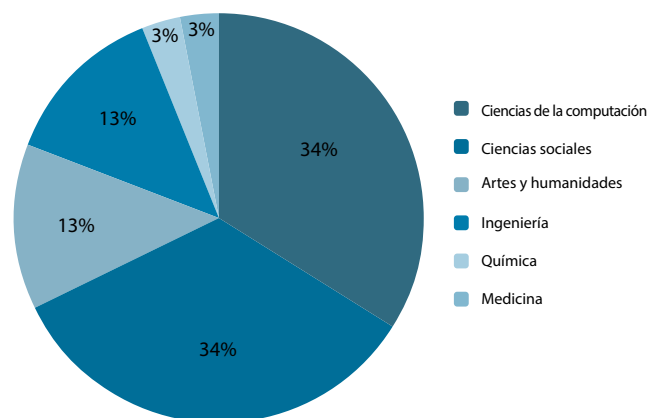
Base de Datos	“ <i>Augmented Reality</i> ”	“ <i>Augmented Reality in Education</i> ”	“Realidad Aumentada”
Scopus	11661	1310	24
EbscoHost	6956	109	157

Nota. Fuente: Autor

En la revisión se observó que gran parte de los resultados de búsqueda están orientados y directamente ligados a temas de ciencias sociales o ciencias de la computación (ver *Figura 1*), evidenciando así que para los artículos en español, en el área

de biología, que es el punto de interés de la investigación, los indicadores de resultados son bajos.

Figura 1. Búsqueda documental en Scopus por área de estudio



Nota. Fuente: Autor

Comienzos de la Realidad Aumentada

La RA incursiona en el mundo científico a principios de los años 90 cuando la tecnología se centraba en los ordenadores de procesamiento rápido, el *renderizado* de gráficos en tiempo real y sistemas de seguimiento de precisión portables, permitiendo implementar y combinar imágenes generadas por computador sobre la visión del mundo real (Basogain, Olabe, Espinosa, Rouèche y Olabe, 2010). En ambientes cinematográficos como *Terminator* (1984), o *Robocop* (1987), se utilizaron conceptos bases de la RA a través de efectos y textos superpuestos al entorno, vistos desde los escaneos que hacían los protagonistas (García, 2013), pero fue a partir de los noventa que los sistemas comienzan a usar la concepción actual de RA.

En 1992, el investigador Tom Caudell, de la empresa Boeing, acuñó el término “Realidad Aumentada” (Caudell y Mizell, 1992), junto a sus compañeros trabajaba en la confección de conjuntos de cables para un avión mediante diagramas digitales de RA superpuestos en un tablero donde se organizaba el cableado; a lo largo de esa década surgieron aplicaciones de desarrollo de RA pero sus requerimientos técnicos y de costo no permitían un fácil acceso a esta tecnología (Mullen, 2011).

En 1995 se planteó una relación entre la RA y la Realidad Virtual (RV), deduciendo un continuo que complementa lo virtual y lo real a través de algo llamado Realidad Mixta (RM), que incluye el aumento de la realidad (ver *Figura 2*), apreciando a la izquierda los entornos constituidos por objetos reales que se observan en persona, o a través de algún tipo de dispositivo, y a la derecha los ambientes basados en objetos virtuales, como las simulaciones o gráficos convencionales, donde se presenta lo real y lo virtual en una misma pantalla, creado por la RM (Milgram, Takemura, Utsumi y Kishino, 1995).



Nota. Fuente: Autor, adaptado de Milgram, *et al.*, 1995

Investigaciones realizadas por Azuma (1997) enfocan la RA como un complemento a la realidad sin sustituirla, aplicable a diversos campos, principalmente el militar, la medicina y el aprendizaje, convirtiéndola en herramienta tecnológica de apoyo en el desarrollo de diferentes prácticas y contextos. En 1999 Kato y Billinghurst presentan por primera vez ARToolKit2, un software de aplicación de código libre muy utilizado en la RA con más de 650.000 descargas en 2014, basado en los seis grados de libertad (Fundación Wikimedia, 2010), es decir, incluye todos los movimientos en un plano 3D y el uso de marcadores permite el fácil desarrollo de aplicaciones de RA (ARToolKit, 2015), que incorporan contenidos generados en computadores al entorno natural. Así, otros autores (Merino, 2014; Arce, 2013) reafirman la influencia de la RA en distintos campos de aplicación, como el entretenimiento, los medios, la publicidad, la industria y la investigación académica.

Ya en el siglo XXI Innovae (s.f.), una empresa con experiencia en desarrollar soluciones basadas en RA y RV, muestra cómo esta tecnología se encuentra en auge y la clasifica en tres etapas: la primera, RA en Computadores Personales, donde se puede apreciar que la aparición de videojuegos y las mejoras técnicas, operativas y gráficas de los computadores lograron desarrollar experiencias de RA de excelente calidad; en esta etapa aparecerían otras herramientas de programación de RA, como Metaio SDK,

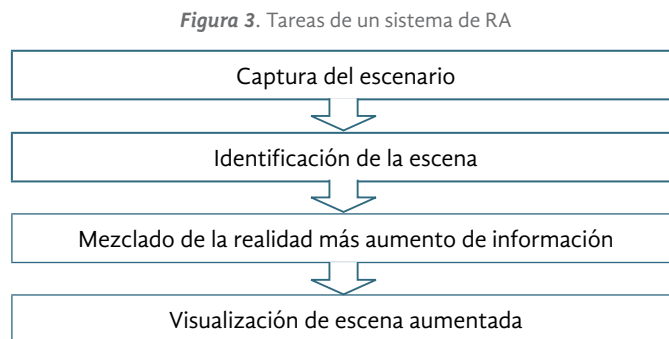
² Disponible en <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

D’Fusion o Total Inmersión, volviéndose popular el uso de RA en aplicaciones de *marketing*, como exponen Davis y Serrano (2012), quienes muestran algunas formas publicitarias a través de RA y códigos QR y su influencia en el mercado.

La segunda etapa, RA en teléfonos inteligentes, da cuenta de cómo la invención de los Smartphone y tabletas permiten a los usuarios hacerse partícipes de experiencias mientras se incrementa el desarrollo de las mismas; en esta etapa aparecerían aplicaciones en el sector turístico basadas en la geo-localización, con herramientas como Wikitude o Layar, como la diseñada en un trabajo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), sede Tunja, que ofrece información sobre los sitios turísticos de la ciudad, aumentando la información en tiempo real y de manera interactiva a través de la plataforma Layar (Cuervo, Salamanca y Aldana, 2011).

Por último la tercera etapa, de RA en gafas y visores, acontecida luego de que Google diera a conocer las Google Glass, cuando se evidenció el siguiente paso en la revolución de la RA, intuyendo aplicaciones para la formación profesional, la educación y el ocio digital; una de las aplicaciones de las gafas de Google se planteó en un estudio exploratorio que buscó incluir su uso en cirugías pediátricas, donde, utilizando las gafas durante cuatro semanas, se llevó un control para analizar las ventajas y desventajas de su uso (Muensterer, Lacher, Zoeller, Bronstein y Kübler, 2014).

La RA ha demostrado ser una tecnología multidisciplinar que con los años ha irrumpido en diferentes ámbitos de aplicación; en tal sentido: “la RA se encuentra omnipresente en nuestra vida cotidiana” (Sanna y Manuri, 2016), siendo acogida con altos grados de aceptación entre los usuarios y compatible con diversos dispositivos tecnológicos; hay gran coincidencia entre varios autores (Moralejo, Sanz, Pesado y Baldassarri, 2014; López, 2010; Rojas y Díaz, 2012) a la hora de afirmar que el sistema de RA es secuencial y ejecuta cuatro tareas (ver *Figura 3*).



Nota. Fuente: Autor, adaptado de Rojas y Díaz (2012)

Dichas tareas contribuyen a entender el funcionamiento de la RA, pues exponen la forma en que el usuario puede visualizar escenas observando imágenes o escenarios que mezclan la realidad con información o imágenes en aumento a través de su teléfono inteligente, tableta u otro dispositivo, abriendo las posibilidades, incrementando la inclusión del celular y dando un uso diferente a la tableta en las aulas, empleándolas como herramientas de apoyo.

En tal sentido, un referente importante para encontrar y ampliar información sobre el desarrollo de la RA es su propio portal, que expone la forma en que es contextualizada y trabajada en diferentes grupos de investigación en todo el mundo, demostrando su continuo desarrollo, divulgación y utilización mediante proyectos, recursos y aplicaciones, al igual que sus implicaciones en diversos campos, como la educación (AugmentedReality.org, 2015).

Aplicaciones de la RA en las Aulas

La RA actualmente es considerada una de las más importantes tendencias tecnológicas, ubicándose en un lugar prominente y siendo empleada para complementar, con información o gráficos, entornos reales cuya actividad solo se da mediante otra herramienta tecnológica, como teléfonos inteligentes, aplicaciones web, tabletas con webcam o computadores (BBC Mundo, 2017). Esta función (Figura 4) ayuda a ver su uso como herramienta de apoyo en diferentes temas para el docente y el estudiante en el proceso enseñanza- aprendizaje, y como refuerzo en el manejo de TIC en las aulas. Así, para Rodrigo (2017) la integración de tecnologías en educación se da a través distintas situaciones de aprendizaje, como acciones que permiten aprender fuera de las aulas y de la escuela, vinculadas a modelos teóricos que aún son usados en contextos educativos, dejando abierta la puerta para profundizar en el posible impacto del uso de las tecnologías en diferentes contextos educativos.



La Figura 4 expone lo que se espera en la presente investigación: que, a través del uso del celular, tableta o computador, y con el

enfoque de las cámaras sobre marcadores o imágenes, el estudiante pueda observar las características de algunas plantas, identificando información en aumento que contribuya en el proceso de enseñanza-aprendizaje al utilizar un herbario en RA, incluido en clases de biología para grado séptimo en los colegios públicos de Colombia.

A través de investigaciones como la de Ruiz (2011) es posible ver la forma en que la RA apoya procesos del ámbito educativo y relaciona el entorno en los museos con la educación; su trabajo permite concluir que la RA cuenta con la ventaja de que es posible encontrar fácilmente sistemas basados en ella en el mercado, hecho que añade un valor didáctico a las prácticas, visible en proyectos como: APRENDA, de la Universidad Politécnica de València (2010), aplicación desarrollada para iPhone; BIG-BANG 2.0, programa que busca fortalecer el uso de material didáctico digital en la educación (Virtualware, 2007); o Magic Book, proyecto del grupo Human Interface Technology Laboratory de Nueva Zelanda donde el alumno lee un libro real y, con un visualizador de mano, puede ver contenidos virtuales sobre las páginas (Billinghurst, Kato y Poupyrev, 2001).

Relacionar el rápido avance de tecnologías como la RA y la aparición de dispositivos móviles permite describir una serie de experiencias prácticas de docentes incluidas en un proyecto llamado “Mosaic Learning”, orientado a la investigación, implementación y demostración de la forma como las TIC han modificado el contexto tradicional de aprendizaje, haciendo énfasis en que el estudiante reclama propuestas avanzadas en su uso como apoyo educativo (Fombona, Sevillano, Ángeles y Madeira, 2012).

Por su parte, Pedro Carracedo y Méndez (2012) también destacan la incorporación de las TIC en los procesos de enseñanza, rescatando el hecho de que dicho ejercicio está desplazando los métodos tradicionales en la educación; aseguran que la RA es una plataforma eficaz para mejorar la forma en que el estudiante percibe la realidad; a pesar de dificultades como la creación de contenidos interactivos, rescatan que solo se necesitan nociones básicas de informática para manipular el software de RA.

Al tiempo, Lee (2012) revisa la literatura para exponer los diferentes campos de trabajo y uso de la RA, como la educación básica y superior, los negocios y el entretenimiento, o aplicada en áreas como la biología, la astronomía o las matemáticas, concluyendo que en el futuro se verá una educación interactiva desde una RA que puede contribuir con ambientes educativos más agradables e interactivos, dando a los alumnos mayor participación, motivación y entornos favorables para el aprendizaje. Una idea que comparten Basogain, Olabe, Espinosa, Rouèche y Olabe (2010), quienes han

planteado iniciativas de aplicación de RA en el ámbito educativo de instituciones como el Massachusetts Institute of Technology y Harvard, utilizando la RA en formatos de juego que involucran al estudiante en situaciones que combinan experiencias reales con información mostrada en dispositivos móviles.

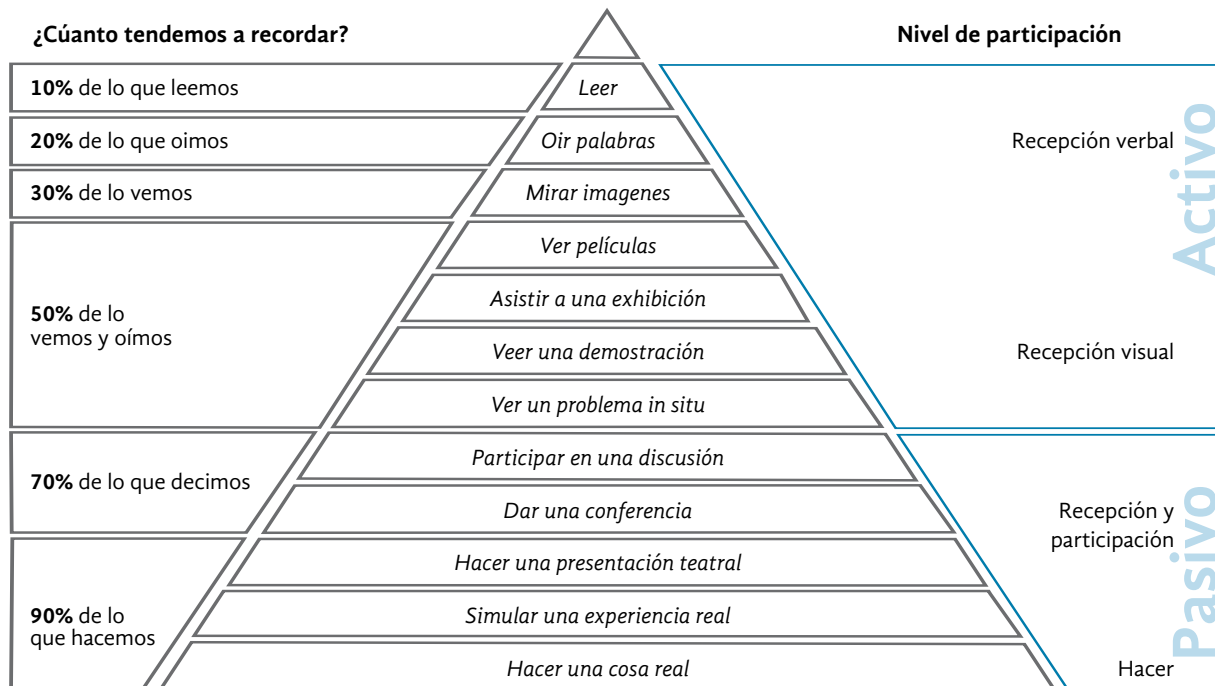
La implementación de la RA en las aulas de clase es cada vez más visible, como se aprecia en la investigación de Fracchia, Alonso de Armíño y Martins (2015), un proyecto Simulación y Métodos Computacionales en Ciencias y Educación que describe la RA como una tecnología que no cuenta con grandes requerimientos de hardware y facilita incorporar aplicaciones en el contexto educativo, de forma que el uso de las TIC lleva a resultados más interactivos; de tal forma, concluyen que la RA cuenta con un futuro prometedor, pues genera interés y motiva a otras escuelas a la inclusión de tecnologías de este tipo en los procesos de enseñanza.

En Latinoamérica, la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez diseñó y trabajó un software basado en un estudio sobre el

aprendizaje del Tiro Parabólico en física, implementando prácticas que involucraban la RA y prácticas tradicionales en dos grupos, para comparar el aprendizaje del tema, demostrando que el grupo que usó la RA obtuvo mejores resultados que el de los métodos tradicionales, recomendando realizar otras pruebas para corroborar o negar lo hallado (Parroquín, Ramírez, González DeMoss y Mendoza, 2013).

Además, en Chiclayo, Perú, la Universidad de San Martín de Porres (USMP) planteó un trabajo que expone algunas opciones de interacción de la RA en diferentes ámbitos, como la arquitectura, el entretenimiento, la educación, el arte y la medicina; en concreto relacionan la RA con la educación tomando como base el cono de la experiencia (Figura 5) trazado por Dale (1986), que representa la profundidad del aprendizaje buscando que éste sea óptimo si se sigue la secuencia de participación estando en la parte activa y no la pasiva; el estudio concluye que en la actualidad el aprendizaje se puede ver afectado por los avances en las TIC y/o en los dispositivos que se hacen más visibles en las aulas, como los teléfonos celulares.

Figura 5. Adaptación Cono de la experiencia



Nota. Fuente: Autor, adaptado de Ortiz, Bravo y Tamayo (2014)

Para los investigadores de la USMP, la RA es una herramienta creativa en las metodologías pedagógicas que permiten al estudiante interactuar con objetos virtuales, a través de la experiencia como un refuerzo de la clase presencial. Su proyecto es similar al mencionado Magic Book, donde se buscaba la creación de revistas con principios troquelados utilizando RA (Cueto, Jara y Vila).

En otro contexto, Fjeld y Voegtli (2002), en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, abordan la RA desde la creación de marcadores o “Makers” y su implementación en prácticas de química y laboratorios donde aún no se cuenta con todo el equipamiento; citan trabajos relacionados con química, como el “Augmented Chemistry”, proyecto que enseña a los estudiantes un átomo o molécula RA hasta que, al mover los marcadores, expone la reacción de seis ejemplos de metales al mezclarlos con cuatro de soluciones (DAQRI, s.f.); este tipo de práctica busca la adopción de la RA como apoyo de los procesos y plantea que, a futuro, sea posible utilizar Kinect para que el alumno pueda manipular los objetos haciendo el ambiente aumentado más real (Zarate, Mendoza, Aguilar y Padilla, 2013).

De la misma manera, Figueroa (2012) describe un modelo que permite incluir elementos de RA como parte de objetos de aprendizaje, con el fin de mostrar una alternativa e incrementar la interacción humano-computadora, haciendo que los objetos de aprendizaje sean más atractivos al usuario, tomando como ejemplo un objeto orientado a la enseñanza de la anatomía y funciones del hígado.

Otra forma de incluir la RA en los procesos educativos es con el desarrollo de herramientas de autor, como en el caso de “Juega PulsAR Play”, que ofrece a los educadores un *framework* para dispositivos móviles como apoyo al proceso de aprendizaje de

contenidos educativos con preguntas generales (Ierache, J., Igarza, S., Nahuel, M., et al., 2014). La herramienta se realizó bajo los parámetros de Unity3D y Vuforia, con un juego de mesa físico que simula y visualiza las fichas y un dado virtual, en Android.

Compartiendo escenario, una herramienta, aún en desarrollo, es “AuthorAR”, que cuenta con dos componentes: un generador de materiales educativos, orientado al uso de los docentes, y un visor, dirigido a personas que pertenecen al rango de educación especial (aunque no necesariamente); en la actualidad el instrumento ofrece actividades de exploración y de estructuración de frases, y se planea que a futuro se desarrollen más actividades para diferentes disciplinas y niveles educativos (Moralejo, Sanz, Pesado y Baldassarri, 2014).

Como punto de referencia, Ríos, Suárez y Pareja (2012) dan a conocer la posibilidad, riesgos y fracasos de emplear la RA en el proceso de enseñanza de la geometría, a través del desarrollo de un software que funciona como herramienta de apoyo en el aprendizaje de esta área. Por último, De Echave, Sánchez y Serón (2016) destacan oportunidades para utilizar la RA en espacios didácticos orientados a la creatividad en el aula de ciencias, enfocándose en las ventajas de las prácticas de laboratorio y resaltando la inclusión de las TIC y de la RA en el proceso de enseñanza de la combustión, planeando y construyendo un artefacto de RA que se integra naturalmente al laboratorio escolar; luego de la experiencia concluyeron que la RA es una herramienta útil que aporta posibilidades para una innovación en el laboratorio escolar, contribuyendo a la motivación del estudiante en el aprendizaje de las Ciencias.



Conclusiones

Autores como Martínez, Olivencia y Meneses (2016) afirman que la RA aporta cinco rasgos de aprendizaje híbrido a los estudiantes: inmediatez e interactividad intuitiva en el aprendizaje; ser un proceso de desarrollo cognitivo divergente, desde el aprender haciendo; supone una re-conceptualización de los roles del docente y del estudiante; es un elemento didáctico que se debe usar de acuerdo con las necesidades de aprendizaje; y es una forma global de enseñar que, por su carácter holístico, supone un cambio en la forma tradicional del proceso enseñanza aprendizaje. Así, el uso de la RA en diferentes contextos educativos, apoyados en revistas o libros con RA, no pretende reemplazar la tradicional forma de leer o relevar la lectura, se espera que ella facilite y capture el interés de los estudiantes hacia la exploración y complemente la información de interés, en medio de lo virtual y lo real.

Los aspectos generales y llamativos de la RA como tecnología, influyen de manera positiva para que, como se ha visto, incursione en diferentes campos hasta, seguramente, continuar acoplándose a otras áreas en desarrollo, como el de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) para gerentes y empleados, centrales eléctricas, plantas químicas y refinerías de petróleo, o simulaciones sobre el riesgo y manejo de materiales, tal como menciona Lee (2012).

La mezcla e inclusión de TIC y el uso de la RA en el aula de clase son un apoyo didáctico, creativo y llamativo para docentes y estudiantes que buscan involucrarse más en el proceso de aprender, tomando como base las simulaciones o experiencias que, de acuerdo con Dale (1986), permiten recordar el 90% de lo que se dice y se hace gracias a la participación activa en el proceso enseñanza-aprendizaje (Gamboa y García, 2015). Como evidencia

se puede apreciar el trabajo de Domínguez, Escudero, Riera y Delgado (2014), quienes utilizan RA y Mobile Learning para concluir que con ellos los estudiantes tienen mayor motivación y mejoras en el rendimiento académico.

También es importante aclarar que la implementación y/o el uso de esta tecnología en el aula puede presentar dificultades como: lo novedoso del tema; la necesidad de capacitación y actitud positiva de los docentes; falta de información e investigaciones, conceptos y metodologías que sugieran cómo incorporar la RA en contextos educativos, y entornos flexibles que le permitan ser un medio didáctico y no un problema tecnológico (Cabero y Jiménez, 2016). De la misma forma, Telefónica (2011) plantea algunos componentes que fomentan y moderan la adopción de las aplicaciones de RA (Tabla 2).

La RA es una tecnología llamada para quedarse y cuenta con una gran aceptación en la actualidad, evidente en los resultados de búsqueda del PlayStore de Google, que arroja cuenta con un mayor número de respuesta gracias a la cantidad de aplicaciones disponibles que se incrementan cada día (Espinosa, 2015).

Al igual que cualquier otra herramienta, la RA tecnológica se debe usar correctamente, buscando que intervenga de manera positiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje para que sea evidente su influencia en los resultados para la adquisición de nuevos conocimientos. El uso de la RA permite lograr una mayor inclusión educativa para personas con algún tipo discapacidad, básicamente porque permite insertar lo virtual al entorno real sin necesidad de desplazamientos dispendiosos. A futuro se puede trabajar para desarrollar una metodología que permita el uso de la RA de manera que se adapte a diferentes temas ligados a la mejora y cumplimiento de los planes curriculares, ya sea en la universidad o en los colegios de básica secundaria o primaria.

Tabla 2. Factores que potencian y dificultan la adopción de aplicaciones de realidad aumentada

Factores que potencian la adopción	Factores que dificultan la adopción
La realidad aumentada ofrece valor real a los usuarios desde el primer momento	La realidad aumentada se limita a dispositivos avanzados
Los creadores de dispositivos están compitiendo para diferenciar sus plataformas	Los dispositivos ofrecen un nivel todavía muy pobre de inmersión en realidad aumentada
Las fuentes de datos digitales para proporcionar realidad aumentada están creciendo rápidamente	Los datos de localización son imprecisos para determinadas aplicaciones
Dispositivos y redes ya tienen la capacidad para soportar aplicaciones de realidad aumentada	Las aplicaciones están limitadas por la situación del usuario
	Problemas de privacidad

Nota. Fuente: Telefónica, 2011

Referencias

- ARToolKit. (2015-Junio). *About ARToolKit*. Obtenido el 02 de Mayo de 2018 desde <https://web.archive.org/web/20180125165331/https://archive.artoolkit.org/documentation/>
- Arce, C. (2013). *Realidad Aumentada*. Obtenido el 01 de Mayo de 2018 desde <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/RA2013.pdf>
- AugmentedReality.org. (2015). *We Advance Augmented Reality*. Obtenido el 02 de Mayo de 2018 desde <http://www.augmentedreality.org/>
- Aumentaty. (s.f.). *Acerca de Aumentaty Author*. Obtenido el 05 de Mayo de 2018 desde <http://author.aumentaty.com/content/qu-es-la-ra#>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 6, 355-385.
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C., y Olabe, J. C. (2010). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. Bilbao.
- BBC Mundo. (2017, Enero 1). *¿Cuáles son las tendencias tecnológicas que marcarán 2017?* Obtenido el 02 de Mayo de 2018 desde <http://www.bbc.com/mundo/noticias-38343954>
- Billinghurst, M., Kato, H., y Poupyrev, I. (2001). MagicBook: transitioning between reality and virtuality. *CHI'01 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 25-26. Obtenido desde <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=634087>
- Botero, C. H. (2000). Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de estados del arte con importantes reflexiones sobre la investigación. *Señal Editora*. Obtenido desde <https://books.google.com.co/books?id=Wa3PAQAACAAJ>
- Cabero, J., y Jiménez, F. (2016). Dificultades para la incorporación de la realidad aumentada a la educación. *Realidad Aumentada. Tecnología para la formación*. Madrid: Síntesis, pp. 109-111.
- Caudell, T. P., y Mizell, D. W. (1992). *Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes*. System Sciences. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference, pp. 659-669.
- Cuervo, M. C., Salamanca, J. G., y Aldana, A. C. (2011). Ambiente interactivo para visualizar sitios turísticos mediante realidad aumentada, implementando Layar. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, No. 21, pp. 91-105. Obtenido desde <http://biblio.uptc.edu.co:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=79724297&lang=es&site=eds-live>
- Cueto, J. J., Jara, C. M., y Vila, J. J. (s.f.). *La realidad aumentada como herramienta para mejorar los procesos educativos en la USMP*. Obtenido desde http://ibertic.org/evaluacion/sites/default/files/biblioteca/14_realidad_aumentada.pdf
- Dale, E. (1986). El cono de la experiencia. *Teoría y práctica de los medios de enseñanza*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. Obtenido desde <http://iabpv.edu.mx/documentos/avisos2012/Dale.pdf>
- DAQRI. (s.f.). *Augmented Reality Chemistry Blocks | DAQRI Elements 4D*. Obtenido el 18 de Mayo de 2017 desde <http://elements4d.daqri.com/>

- Davis, S. R., y Serrano, D. P. (2012-Octubre). La Realidad Aumentada como nuevo concepto de la publicidad online a través de los Smartphones. *Razón y Palabra*. Obtenido desde http://www.razonypalabra.org.mx/N/N80/V80/02_RuizPolo_V80.pdf
- De Echave, A., Sánchez, M. D., y Serón, F. J. (2016). Un escenario creativo para la educación científica mediante la Realidad Ampliada. *Revista de Investigación en Educación*, 14, pp. 240-246. Obtenido desde <http://biblio.uptc.edu.co:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=119503564&lang=es&site=eds-live>
- Domínguez, E. R., Escudero, D. F., Riera, A. S., y Delgado, I. N. (2014-Enero). Mobile learning en el ámbito de la arquitectura y la edificación. Análisis de casos de estudio. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 11(1), pp. 152-174. Obtenido desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4643441>
- Espinosa, C. P. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, pp. 187-203. Obtenido desde <http://biblio.uptc.edu.co:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=101654677&lang=es&site=eds-live>
- Figueroa, M. C. (2012). Modelo de objetos de aprendizaje con realidad aumentada. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, No. 5, pp. 1-7. Obtenido desde <http://biblio.uptc.edu.co:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=77781764&lang=es&site=eds-live>
- Fjeld, M., y Voegtli, B. M. (2002). Augmented chemistry: An interactive educational workbench. *Mixed and Augmented Reality*, pp. 259-321. Obtenido desde <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1115100/>
- Fombona C., J., Sevillano, P., Ángeles, M., y Madeira, M. F. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, No. 41, pp. 197-210.
- Fracchia, C. C., Alonso de Armiño, A., y Martins, A. (2015). Realidad Aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales. *TE & ET*. Obtenido desde <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/50745>
- Fundación Wikimedia. (2010, Junio 6). *6 degrees of freedom*. Obtenido desde https://commons.wikimedia.org/wiki/File:6DOF_en.jpg#/media/File:6DOF_en.jpg.
- Gamboa, M., y Garcia, Y. (2015). *Aprender haciendo en investigación como estrategia de aprendizaje en ambientes virtuales*. Obtenido desde <http://repositorial.cuaed.unam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/3669/1/VE13.030.pdf>
- García, C. E. (2013, Noviembre 3). Tócame que soy Realidad Aumentada. *Desde la Ciencia Ficción a la Realidad Aumentada*. Obtenido desde <http://blogs.larepublica.pe/realidad-aumentada/2013/11/03/de-la-ciencia-ficcion-a-la-realidad-aumentada/>
- Innovae. (s.f.). Blog de noticias y novedades sobre Realidad Aumentada. *Un poco de historia acerca de la Realidad Aumentada*. Obtenido el 02 de Mayo de 2018 desde <http://realidadaugmentada.info/realidad-aumentada/>

- Ierache, J., Igarza, S., Nahuel, M., Becerra, M., Bevacqua, S., Verdicchio, N., Ortiz, F., Sanz, D., y Sena, M. (2014). Herramienta de Realidad Aumentada para facilitar la enseñanza en contextos educativos mediante el uso de las TICs. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, Vol 2, Iss 6, Pp 365-368 (2014), 365. Obtenido desde <http://sistemas.unla.edu.ar/sistemas/redisla/ReLAIS/relais-v2-n6-365-368.pdf>
- Kato, H., y Billinghurst, M. (1999). Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. *Augmented Reality, 1999.(IWAR'99). Proceedings. 2nd IEEE and ACM International Workshop*, pp. 85-94. Obtenido desde https://www.researchgate.net/profile/Hirokazu_Kato2/publication/3824580_Marker_tracking_and_HMD_calibration_for_a_video-based_augmentedreality_conferencing_system/links/02e7e5239b0cba61e0000000.pdf
- Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, No. 56, pp. 13-21. Obtenido desde <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11528-012-0559-3?LI=true>
- López, H. (2010). *Análisis y desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada*. Obtenido desde http://eprints.ucm.es/11425/1/memoria_final_03_09_10.pdf
- López, L. R. (2017). Indagación en la relación aprendizaje-tecnologías digitales. *Educación y Educadores*, No. 20, pp. 91-105. Obtenido desde <http://biblio.uptc.edu.co:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=121474702&lang=es&site=eds-live>
- Martínez, N. M., Olivencia, J. J., y Meneses, E. L. (2016). *La realidad aumentada como tecnología emergente para la innovación educativa*. Barcelona: Octaedro.
- Merino, M. (2014, Marzo 22). TICBEAT. *Realidad Aumentada: ¿cómo transformará la industria?* Obtenido el 01 de Mayo de 2018 desde <http://www.ticbeat.com/innovacion/realidad-aumentada-como-transformara-la-industria/>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., y Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Photonics for industrial applications*, pp. 282-292. Obtenido desde http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf
- Moralejo, L., Sanz, C. V., Pesado, P. M., y Baldassarri, S. (2014). Avances en el diseño de una herramienta de autor para la creación de actividades educativas basadas en realidad aumentada. *TE & ET*. Obtenido desde <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/35990>
- Muensterer, O. J., Lacher, M., Zoeller, C., Bronstein, M., y Kübler, J. (2014). Google Glass in pediatric surgery: An exploratory study. *International Journal of Surgery*, pp. 281-289.
- Mullen, T. (2011). *Prototyping augmented reality*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Ortiz, J. A., Bravo, L. E., y Tamayo, L. F. (2014). Análisis y aplicación de técnicas de aprendizaje activo en mecánica aplicada. *Revista de Educación y Desarrollo Social*, No. 8, p. 28.
- Ortiz, R. R. (2012). Posibilidades de la realidad aumentada en educación. *Tendencias emergentes en educación con TIC*. Barcelona: Espiral, pp. 175-197. Obtenido el 20 de Mayo de 2018, desde http://ciberespiral.org/tendencias/Tendencias_emergentes_en_educacin_con_TIC.pdf

- Parroquín, P., Ramírez, J., González DeMoss, V., y Mendoza, A. (2013). Aplicación de realidad aumentada en la enseñanza de la física. *Cultura Científica y Tecnológica*, No. 10, pp. 182-192. Obtenido desde <http://biblio.uptc.edu.co:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=94965909&lang=es&site=eds-live>
- Pedro Carracedo, J., y Méndez, C. L. (2012). Realidad Aumentada: Una alternativa metodológica en la educación primaria nicaragüense. *IEEE-RITA*, No. 7, pp. 102-108. Obtenido desde <http://ai2-s2-pdfs.s3.amazonaws.com/f3f8/4a0035403b05928bd76f3b52c239096307e1.pdf>
- Ríos, G. A., Suárez, B. V., y Pareja, S. S. (2012-Septiembre). Realidad Aumentada como herramienta en la enseñanza-aprendizaje de geometría básica. *Revista Panorama*(8), pp. 50-58. Obtenido desde <http://revia.areandina.edu.co/ojs/index.php/Ll/article/view/424>
- Rodrigo, L. N. (2017). Indagación en la relación aprendizaje-tecnologías digitales. *Educación y Educadores*, No. 20, pp. 91-105. Obtenido desde <http://biblio.uptc.edu.co:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=121474702&lang=es&site=eds-live>
- Rojas, L. E., y Díaz, J. F. (2012). Tareas fundamentales en la Realidad Aumentada. Un nuevo enfoque. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(12), pp. 55-63.
- Ruiz, D. (2011). Realidad Aumentada, educación y museos. *La Revista Icono* 14, Vol 9, Iss 2, Pp 212-226 (2011), 212. Obtenido de <http://biblio.uptc.edu.co:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.1422235b94a44f0db085a06d09547e17&lang=es&site=eds-live>
- Sanna, A., S., y Manuri, F. (2016). A Survey on Applications of Augmented Reality. *Advances in Computer Science: an International Journal*, Vol. 5, No. 1, pp. 18-27. Obtenido desde <http://biblio.uptc.edu.co:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.0767942748b34837af9a3c6f9cffadbd&lang=es&site=eds-live>
- Telefónica, F. (2011). *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Madrid: Fundación Telefónica.
- Universidad Politécnica de València. (2010). APRENDA. *Desarrollo y validacion de sistemas de Realidad Aumentada para aprendizaje-entretenimiento*. Obtenido el 05 de Mayo de 2018 desde <http://www.aprendra.es/aprendra.html>
- Virtualware. (2007). *Virtualware Big Bang 2.0*. Obtenido el 15 de Noveimbre de 2017 desde <http://virtualwaregroup.com/es/portfolio/big-bang-20>
- Zarate, M., Mendoza, C., Aguilar, H., y Padilla, J. (2013). Marcadores para la Realidad Aumentada para fines educativos. *ReCIBE*, Vol. 2, No. 3, p. IV. Obtenido desde <http://www.redalyc.org/pdf/5122/512251564004.pdf>