

edmetic

Revista de Educación Mediática y TIC



**La producción científica sobre Realidad Aumentada, un análisis de la
situación educativa desde la perspectiva SCOPUS**

**The scientific production on Augmented Reality, an educational literature
review in SCOPUS**

Fecha de recepción: 27/11/2016
Fecha de revisión: 05/12/2016
Fecha de aceptación: 06/12/2016

**La producción científica sobre Realidad Aumentada, un análisis de la
situación educativa desde la perspectiva SCOPUS**
**The scientific production on Augmented Reality, an educational literature
review in SCOPUS**

Javier Fombona Cadavieco¹ y María Ángeles Pascual Sevillano²

Resumen:

Esta investigación pretende revisar las evidencias científicas sobre la implementación de la tecnología de Realidad Aumentada (RA) desde una perspectiva educativa, para ello se ha tomado como instrumento de recogida de información, el repositorio bibliográfico Scopus. El procedimiento es de corte descriptivo sobre una muestra n=1336 referencias de artículos, comunicaciones en conferencias, libros y capítulos de libros. Los resultados de naturaleza cuantitativa muestran las principales áreas temáticas involucradas. Y el análisis cualitativo llevado a cabo, descubre la situación del fenómeno en el periodo analizado. La revisión destaca el rendimiento positivo derivado de la RA en educación, por su potencial creativo, motivacional, lúdico así como por la veracidad de la propia experiencia de RA. Esta circunstancia tiene especial relevancia en la educación al ofrecer la posibilidad de representar entornos inalcanzables en el aula. Por otra parte, la investigación también pone de relieve los problemas inherentes a la RA.

Palabras claves: M-learning, Realidad Aumentada, TIC, educación.

Abstract:

This review shows the current implementation of technology of Augmented Reality. From an educational perspective, we use as instrument the Scopus repository. The procedure is a descriptive study on n=1336 references: articles, conference papers, books and book chapters. The quantitative result shows the mainly thematic areas involved. On the other hand the qualitative analysis discovers the situation of the phenomenon. The review highlights the positive performance derived from RA, linked by its creative, motivational, playful potential and the veracity of the RA experience. This fact is important to represent environments impossible in the classroom. We also found research highlighting the problems of RA.

Keywords: M-Learning, Augmented Reality, ICT, education.

1 Universidad de Oviedo, España; fombona@uniovi.es

2 Universidad de Oviedo, España; apascual@uniovi.es

1. Introducción

La tecnología de las Realidad Aumentada (RA) se ha convertido en un fenómeno que abre el camino a los procesos de virtualización de una forma inmersiva. En esencia, consiste en superponer información digital sobre las imágenes reales captadas por una cámara. Esta información añadida puede ser de naturaleza textual, icónica o de cualquier otro tipo, pero siempre permanece solidaria con alguna referencia a la imagen que registra el aparato, ya sea un teléfono inteligente o Smartphone u otro dispositivo fotográfico o de filmación. La evolución de este procedimiento es relativamente rápida ya que se trata de una invención de menos de dos décadas. Actualmente estas aplicaciones interactivas se incluyen a modo de ilustraciones en textos escritos, en productos difundidos con estrategias de marketing, en juegos y de una forma subsidiaria, en productos educativos. Algunas de las posibilidades se vinculan de forma secundaria con la formación, como son las aplicaciones para la traducción idiomática o la inclusión como guías enriquecidas de RA en museos (Natalia, 2016).

Como un derivado del M-learning, estos equipos producen una nueva dinámica que modifica tanto las formas como los contenidos educativos, esto es, son nuevas metodologías que deslocalizan aún más los escenarios formativos tradicionales.

La tecnología de RA se apoya en los últimos desarrollos de representación virtual junto a los avances en las tecnologías de la comunicación portátil (Zarraonandia et al., 2013). Pero esta relación va más allá, permitiendo experimentar una nueva interacción entre la persona y la computadora en un escenario aparentemente natural (Cai, Wang y Chiang, 2014).

2. Revisión de la literatura

El origen de la RA no es claro ya que no puede determinarse el momento en el que se considera RA el hecho de mezclar información digitalizada sobre la imagen de la realidad. Cabero y Barroso (2016) datan su origen en 1962 cuando un sistema de proyección cinematográfica, Sensorama, lograba

sumar a la experiencia icónica una visión estereoscópica 3D. Quizás, como otras muchas invenciones, el verdadero origen es militar y está en las actividades formativas de los pilotos de líneas aéreas de combate (Caudell y Mizell, 1992). La tecnología de RA se circunscribe a una combinación simultánea y solidaria de una imagen real con documentos digitales recuperados de un dispositivo móvil o computador (Azuma et al., 2001).

Desde aquel entonces ha tenido lugar una rápida evolución que hace que sean precisas las revisiones de trabajos relacionados, con el fin de clarificar el estado de la cuestión y las tendencias fundamentales del fenómeno. Resulta importante esta función recopiladora de la producción científica publicada que permite tener una referencia sobre las nuevas investigaciones (Hwang y Tsai, 2011) y ayuda a determinar las áreas de investigación más relevantes (Davies et al., 2010). En el campo de la educación son diversos y recientes los análisis vinculados a la Realidad Aumentada (Özcan y Bakioğlu, 2010; Wu et al., 2012; Kış y Konan, 2014; Bacca et al., 2014). En estos estudios sobre se detecta cómo la tecnología juega un papel importante en la propia evolución de la RA (Wu et al., 2013), y este desarrollo rápido se ve impulsado por el propio atractivo que generan las nuevas tecnologías entre toda la población (Lindgren y Johnson-Glenberg, 2013).

3. Objetivos y método

La situación dinámica de la tecnología de Realidad Aumentada precisa de un sosegado análisis del tema, de los resultados de las investigaciones recientes y de las opciones que tiene para su implementación en los nuevos ambientes educativo. Por ello, desde este trabajo se pretende describir la producción científica sobre Realidad Aumentada, esto es, realizar un recuento cuantitativo y cualitativo de los registros de textos que relatan las experiencias científicas de los últimos años, mostrando sus posibilidades educativas.

Se ha buscado el término Realidad Aumentada dado que es necesario conocer hacia dónde se encamina la producción tecnológica desde una perspectiva académica actual, relacionada con la situación presente de este fenómeno. Para ello se ha realizado un análisis descriptivo de la situación científica actual, tomando como referencia las investigaciones rigurosas, no

sesgadas comercialmente y cuya antigüedad no supere en ningún caso media década dado que acepciones pasadas poseen un elevado riesgo de caducidad teórica y práctica.

Como universo de estudio se ha elegido la base de manuscritos almacenada en uno de los repositorios más importantes en la documentación científica, como es el caso de SCOPUS. El proceso sigue las pautas del método descriptivo sobre un tiempo dado. En este estudio se muestran los resultados de las publicaciones indexadas bajo los criterios SCOPUS desde 1 de enero de 2015 hasta el 16 de noviembre de 2016. La razón para elegir este período de tiempo ha sido la abundante investigación que se ha desarrollado en los dos últimos años tal y como afirman Akçayır y Akçayır (2017).

El proceso de selección de los manuscritos, ha seguido los criterios determinados por Scopus en la gestión documental científica, como referente de clasificación y muestra de artículos y capítulos publicados dentro de un campo específico (Hwang y Tsai, 2011; Nolen, 2009), aquí es la Realidad Aumentada. Varias investigaciones consideran fuente suficientemente rigurosa este tipo de bases bibliográficas (Karatas, 2008; Shih, Feng y Tsai, 2008).

La base de documentos SCOPUS recoge revistas científicas, libros y actas de congresos. SCOPUS cuantifica el impacto de sus referencias a través del SCOPUS Journal (SJM) y del SCImago Journal Rank (SJR). SCOPUS es una entidad dependiente de la empresa Elsevier que recoge las siguientes colecciones:

- Ciencias de la Vida (4.300 registros)
- Ciencias de la Salud (6.800 registros)
- Ciencias Físicas (7.200 registros)
- Ciencias Sociales y Humanidades (5.300 registros)

Dentro de la aplicación Web de SCOPUS, para la búsqueda de registros se han usado las palabras clave "Realidad Aumentada", "Augmented Reality", "AR" y "RA". Sus herramientas de búsqueda ofrecen la localización directa de términos en la página de inicio, búsquedas de autor por su identificador ORCID, y búsqueda de afiliación institucional. También se han utilizado operadores de proximidad (pre/n, w/n) y operadores booleanos (and,

or, y not). Fue importante el uso de los operadores de proximidad PRE/n "precede por" cuando el primer término en la búsqueda debe preceder al segundo por un número especificado de términos. Y el caso de W/n "dentro" cuando los términos en la búsqueda deben estar dentro de un número especificado de términos. Por otro lado también se ha usado los caracteres comodín asterisco (*) y el signo de interrogación (?). Así mismo cabe indicar que existen una serie de palabras que se han ignorado durante la búsqueda, tales como los pronombres personales (nosotros, ello, etc.), la mayoría de artículos (el, un, etc.), la mayoría de las formas del verbo (ser, es, etc.), algunas conjunciones (si, cuándo). Para incluir estas palabras en una búsqueda se han colocado entre paréntesis o comillas dobles.

Se han elegido dos niveles de relación de los documentos científicos con el término Realidad Aumentada. Estas dos medidas de documentos se vinculan a dos referencias fundamentales que poseen cada uno de estas publicaciones: 1) el término aparece exclusivamente en sus títulos, y 2) los términos están relacionados con el trabajo, son parte del tema y pueden aparecer en el título, en el resumen y/o en las palabras descriptores del artículo. Este segundo nivel logra recuperar todos los registros relacionados con la RA aunque este término específico no esté en el título del trabajo.

4. Resultados

Las características de la producción analizada hacen referencia al total de títulos en la literatura científica dentro del repertorio global de Scopus. Los términos analizados arrojan un total de 29.443 registros donde aparece la Realidad Aumentada como título o como parte importante del documento, esto es como descriptor o keyword del texto, o resumen/abstract, o título/title, según sus denominaciones en inglés, dado que es el utilizado preferentemente en las formas y registros SCOPUS (tabla 1).

Tabla 1. Dimensiones analizadas en SCOPUS sobre el término Realidad Aumentada.
Fuente: Elaboración propia

Total de documentos	
<i>Término RA como palabra clave, resumen o título</i>	<i>Término RA incluido en el título</i>
23.365	6.078
Documentos en el periodo analizado	
<i>Término RA como palabra clave, resumen o título</i>	<i>Término RA incluido en el título</i>
6.452	1.336

El término es abordado en 6452 registros para el periodo analizado y específicamente aparece como núcleo del trabajo en 1336 registros, al situar estas palabras en su título. El hecho de que el grupo total de registros tenga una elevada dimensión, viene a justificar, una vez más la opción de una elección muestral parcializada temporalmente, es decir hacer una extracción de casos correspondientes a un periodo de tiempo reciente. Así mismo esto nos ha permitido trabajar con unas cifras más ajustadas.

4.1. Resultados cualitativos, evolución y situación de la RA

Los equipos que soportan las Tecnologías de la Información y de la Comunicación están cambiando los contenidos y la forma de transmitir y recuperar la información y la manera de convertirla en conocimiento (Hwang y Tsai, 2011; Wu et al., 2012; Hew et al., 2007; Kucuk, Kale y. Kim, 2013). La primera revolución vino junto a la inclusión de los equipos de cómputo en el ámbito del aprendizaje tradicional, el E-learning (Lu et al., 2009), pero la llegada de los sistemas de compresión de señal digital en las redes telemáticas y la miniaturización de las herramientas permitió trabajar con equipos fuera del aula, creando un nuevo modelo formativo que rompe espacios, tiempos, tipos de usuarios y socializa de manera universal. Este proceso configura un nuevo modelo de enseñanza y aprendizaje apoyado con dispositivos digitales móviles, M-Learning (Hwang y Tsai, 2011; Wu et al., 2012; Bronack, 2011).

El M-learning apoya el aprendizaje significativo, dado que su portatilidad permiten a los estudiantes realizar consultas en el propio lugar donde se necesite, y favorece el modelo de aprender haciendo (Hsiao, Chen y Huang, 2012).

No obstante, parece que es más efectiva una situación intermedia entre la enseñanza no presencial propia del M-learning y la formación cara a cara. Este es el modelo intermedio de enseñanza combinada, o B-learning (Drysedale et al., 2013). De todas formas, el M-learning permite la comunicación y colaboración estudiante-docente en la distancia, el aprendizaje colaborativo en entornos de aprendizaje híbridos. Y en estos escenarios puede introducirse la RA como útil específico de apoyo (Dunleavy, Dede y Mitchell, 2009).

Por otro lado las tecnologías se han vuelto más asequibles, ergonómicas y portátiles (Johnson et al., 2010), los teléfonos móviles avanzados son el máximo exponente, y proporcionan acceso a la información en cualquier momento y lugar. No podemos olvidar, y así lo hacen diversas investigaciones, que la RA junto a los dispositivos móviles son potentes entornos colaborativos (Bressler y Bodzin, 2013; Yu et al., 2009), especialmente usados entre los estudiantes (Kamarainen et al., 2013). Estos planteamientos son la base de aprendizaje móvil, pero también de las aplicaciones de RA (Chiang et al., 2014b), siendo el dispositivo móvil la plataforma ideal para esta tecnología (Henrysson, Billinghamurst y Ollila, 2005). Una característica importante derivada de las estrategias de marketing, es el estímulo realimentado a la interactividad social (Hwang, Tsai, Chu, Kinshuk y Chen, 2012), con ello estas herramientas se han vuelto populares, especialmente para estudiantes más jóvenes (Furió et al., 2013). Son fáciles de usar y rentables para las empresas que los crean y que alquilan las vías de comunicación (Chang et al., 2014),

Las investigaciones resaltan un futuro brillante para la RA vinculada a la educación y los procesos de enseñanza y aprendizaje (Wu et al., 2013; Lai y Hsu, 2011; Luckin y Fraser, 2011). Hay varios estudios que han abordado la RA en los niveles educativos iniciales (Chiang, Yang y Hwang, 2014a; y Kerawalla et al., 2006). Pero la tendencia general ha sido la de incluir a los estudiantes universitarios como variable fundamental de referencia y exploración (Drysedale et al., 2013; Kucuk et al., 2013; Wu et al., 2012).

También se han analizado las opciones de la RA para los estudiantes con necesidades especiales (Mohd Yusof et al., 2014), aunque Wu et al. (2013) recalcan que realmente muy pocas tecnologías están diseñadas de forma específica para esta población.

4.2. Resultados cualitativos, Fortalezas de la RA en el contexto educativo

Son múltiples las investigaciones que denotan el éxito académico derivado directamente del uso de la RA (Di Serio, Ibáñez y Kloos, 2013; Martin-Gutiérrez y Fernández, 2014; Chiang, Yang y Hwang, 2014; Ibáñez et al., 2014; Cai, Wang y Chiang, 2014). Autores como Cheng y Tsai (2013) y (Martin et al., 2011) reiteran que el uso de la RA provoca un mayor rendimiento en el aprendizaje del alumnado (Chiang Yang y Hwang, 2014a). Y Seferoğlu (2007) señala que la tecnología de RA cuando se incorpora al proceso de aprendizaje, ejerce un efecto multisensorial en el estudiante lo que la hace especialmente singular.

Tal vez por su naturaleza icónica y representadora de elementos tangibles visualmente, la RA es una puerta abierta a nuevos mundos, al desarrollo de la imaginación y al incremento de la creatividad (Klopfer y Yoon, 2004). Estas circunstancias han originado algunas investigaciones en las que se relaciona la RA con las posibilidades creativas relacionadas con su uso (Sotiriou y Bogner, 2008; New Media Consortium, 2012).

Pero quizás el elemento descrito de una manera más amplia es el elevado potencial que tiene la RA como circunstancia motivadora sobre la actividad formativa (Bressler y Bodzin, 2013; Mohd Yusof et al., 2014; Ibáñez et al., 2014). Los estudiantes asemejan las actividades de la RA con el juego, así Chiang et al. (2014a) las describen como alternativa más atractiva mediante la cual los estudiantes realizan sus actividades.

La búsqueda de información relevante sobre un contenido aparece de forma espontánea, y la tecnología de RA proporciona esa información de manera inmediata, lo cual aumenta la motivación del alumno por el descubrimiento y el aprendizaje (Singhal et al., 2012). Sin lugar a duda, la práctica metodológica de unir el aprendizaje con las estrategias de los juegos incrementa el compromiso del alumno con el aprendizaje y lo hace significativo. Parece un buen camino el hecho de aplicar procedimientos similares a los usados en los juegos, como la competencia y la recompensa, ante distintivos de logros a conseguir (Alanne, 2016). En todo caso el juego se combina con una sensación agradable especialmente deseable en la

educación (Squire y Jan, 2007).

El M-learning inmersivo es una nueva manera de educación (Dunleavy, Dede y Mitchell, 2009). Y dentro de ese fenómeno, la RA provoca una interacción con el estudiante en un mundo virtual en el que se siente inmerso (Chiang, Yang y Hwang, 2014b), y donde convive con videos e imágenes 3D, textos, vínculos a Internet, etc. Todos estos mundos pueden ayudar a los alumnos a completar y comprender mejor los contenidos de aprendizaje (Yoon et al., 2012; Chen y Tsai, 2012), y mejora su habilidad de comprensión espacial (Santos et al., 2014). Estos entornos digitales inmersivos enriquecen y explican la realidad (Cai, Wang y Chiang, 2014), y lo hacen configurando espacios peligrosos, astronómicos o tan mínimos que son imposibles de reproducir en el aula (Wu et al., 2013).

Sin duda, el caso más potente es la posibilidad de materializar fenómenos no observables, como movimientos de electrones o campos magnéticos o la representación de casos que no son posibles de realizar en el mundo real, tales como temas abstractos que se pueden volver concretos y prácticos (Shelton y Hedley, 2002) y todo ellos pensando que puede ayudar a complementar la casuística del mundo real (Dede, 2009).

48

Opuesto a la idea de escenarios inmersivos como lugares virtuales, aparece el argumento de usar la RA en las salidas de campo (Chiang, Yang y Hwang, 2014a) relacionándola con la tecnología de la geolocalización y donde los estudiantes desempeñen un papel activo relacionándose con su entorno geográfico real (Cheng y Tsai, 2013; Fombona, 2013).

Los registros de investigaciones exitosas revelan una especial implementación de la RA en áreas de formación profesional (Yuen, Yaoyuneyong y Johnson, 2011), en la enseñanza de la química (Cai, Wang y Chiang, 2014), geometría (Kaufmann & Schmalstieg, 2003), en las matemáticas (Sommerauer y Müller, 2014) y las ciencias naturales y la física (Chiang, Yang y Hwang, 2014).

4.3. Resultados cualitativos, debilidades de la RA en el contexto educativo

Fuera de toda visión propagandística sobre las nuevas tecnologías, la RA no es la solución a los problemas educativos. Hsiao, Chen y Huang (2012) destacan que cuando la RA se usa de forma sistemática en los planes de estudios, las

actitudes y las motivaciones de los estudiantes por el aprendizaje podrían no ser tan positivas. De hecho, Dünser et al., (2006) descubren que el uso de RA en las lecciones de tecnología en los estudios de ingeniería no fueron tan eficientes como inicialmente habían imaginado.

Investigaciones iniciales en la educación arrojaban datos de dificultad de uso de los interfaces (Yu et al., 2009; Squire y Jan 2007), aunque posteriormente, las mejoras tecnológicas han hecho que los investigadores destaquen el uso fácil y agradable de la RA por parte de los estudiantes (Di Serio, Ibáñez y Kloos, 2013).

Otra problemática que encontramos está relacionada con los aspectos legislativos hasta ahora inexplorados, donde surgen nuevos retos y cuestiones para aceptación plena de la tecnología RA (Bhutta, Umm-E-Hani y Tariq, 2016). Por último parece que el factor de novedad inherente a las técnicas de RA (El Sayed, Zayed y Sharawy, 2011) puede disminuir con el tiempo (Di Serio, Ibáñez y Kloos, 2013) y dejar de ser tan motivador como lo es ahora mismo.

4.4. Resultados cuantitativos

En Tabla 2 se muestran las cantidades y tipos de trabajos científicos donde aparecen los términos como cómo palabra clave, en el resumen o en el título, o como partes integrantes solo del título del documento.

Tabla 2. Tipología de documentos en el periodo analizado. Fuente: Elaboración propia

Término RA en documentos como palabra clave, en el resumen o en el título	
Tipo de documento	n=6452
Artículo	2006
Comunicación/ponencia	3147
Capítulo Libro	1039
Libro	134
Otros	37
Término RA en el título de documento	
Tipo de documento	n=1.336
Artículo	482
Comunicación/ponencia	603
Capítulo Libro	198
Libro	37
Otros	16

En Tabla 3 se detallan las cantidades de documentos con los términos

analizados distribuidos por las principales áreas temáticas del repositorio Scopus. En este caso los registros pueden estar asociados simultáneamente a varias áreas.

Tabla 3. Temáticas de los documentos en el periodo analizado. Fuente: Elaboración propia

	Documentos en clave, resumen o título	Documentos en el título
<i>Ciencias Sociales</i>	836	210
<i>Ámbito Tecnológico</i>	6886	1397
<i>Matemáticas</i>	1193	228
<i>Biomedicina</i>	454	101

El tema RA obsérvese que aparece como un elemento difundido en comunicaciones y ponencias, suele ser éste un entorno propicio para mostrar los últimos avances fruto de experiencias investigadoras recientes. Por otro lado, en el análisis por áreas temáticas destaca especialmente el ámbito tecnológico, esto es, los documentos surgen desde estudios de ingenierías y las ciencias relacionadas con el cómputo. Este detalle parece reforzar la idea de que las estrategias de RA aparecen en las Ciencias Sociales y por ende, en la educación, de una forma subsidiaria a su desarrollo en las Ciencias tecnológicas.

5. Discusión

Son múltiples las investigaciones que denotan el éxito académico tras el uso de la RA (Ferrer-Torregrosa et al., 2015). Se detecta un incremento ostensible en el uso de dispositivos móviles que hace que la RA esté más disponible para todas las personas (Statista, 2015) esto coincide con la tendencia indicada por Martin et al. (2011) y por el equipo de investigación Wu et al. (2013).

Los registros vinculados a la temática Realidad Aumentada complementan otros trabajos, tales como los realizados por Dinçer (2015) o Tekedere y Göker (2016) que analizan en los años 2015 y 2016 la eficacia de las tecnologías de RA en el contexto educativo. Documentos como los realizados por Chang et al. (2015) y por Ferrer-Torregrosa et al. (2015) reiteran cómo la RA proporciona un mayor rendimiento en el aprendizaje de los estudiantes. En este sentido,

Gavish et al. (2015) concretan cómo la RA ayuda a los estudiantes técnicos a prevenir errores concentrando a estos alumnos en determinados

puntos clave de la tarea, según el criterio del diseñador o docente correspondiente.

Es una constante la promoción del aprendizaje autónomo con la RA, cómo derivada de su contexto inmersivo (Muñoz-Cristobal et al., 2015). Lu y Liu (2015) afirman que los estudiantes parecen felices y juguetones cuando usan estas tecnologías y "aprenden a través del juego".

Tal y como se ha indicado, los estudiantes universitarios, y los estudios superiores siguen siendo los usuarios y escenarios más utilizados en la implementación de la RA (Ferrer-Torregrosa et al., 2015). No obstante aparecen nuevos tipos de estudiantes y de alumnado que utiliza la RA, tanto es así que Saracchini, Catalina y Bordoni (2015) encontraron que era una herramienta potencialmente eficaz y de fácil uso para el trabajo con las personas mayores, esto contradice las relativamente viejas investigaciones de Yu et al. (2009), y de Squire y Jan (2007). Otras más recientes, como Cheng y Tsai (2013), Wu et al. (2013) y Lin et al. (2011) recalcan que los estudiantes siguen encontrando problemas técnicos en el manejo de estas tecnologías, lo que coincide con las evidencias detectadas por Muñoz-Cristobal et al. (2015) en sus investigaciones.

Coincidimos con Chiang et al. (2014a) al sugerir que es necesario incluir ayudas instantáneas o guías de aprendizaje que podrían ser proporcionadas a los estudiantes para prevenir problemas de uso con los nuevos equipos de RA. En este sentido Gavish et al. (2015) informaron que el grupo de alumnos que usaba RA en su estudio precisaba de unos tiempos de formación significativamente más largos en comparación con el grupo que no usaba la RA.

También en esta línea, Muñoz-Cristobal et al. (2015) destacan que el docente necesita tiempo suficiente, a menudo largo, para usar eficazmente de la RA.

En suma, surgen investigaciones críticas con el fenómeno RA y describen nuevos inconvenientes ante su uso, como los citados por Kurilovas (2016) que evalúa la calidad y la personalización de esta realidad virtual.

6. Conclusiones

Además del incremento que tienen las tecnologías entre los estudiantes, esta revisión documental destaca ciertas singularidades que actualmente son objeto de investigación. Por un lado sobresale el rendimiento positivo derivado del uso de la RA en educación, vinculado por su potencial creativo, motivacional y lúdico, y ya no sólo en los más jóvenes, sino que llega a otros segmentos de población. La veracidad del hecho RA es un factor que potencia el sentido inmersivo de la experiencia. Esta circunstancia tiene relevancia en educación al representar entornos imposibles para el aula.

Justo a las experiencias exitosas, por primera vez, aparecen investigaciones que destacan los problemas inherentes a la RA en educación, tales como reticencias a su uso educativo y no lúdico, los tiempos de aprendizaje necesarios para el docente, la laguna legal relativa a un escenario incluido o no en los reglamentos de los centros educativos, entre otros. Los resultados cualitativos revelan una reducida publicación de libros relacionados, mientras que la producción científica se centra en las aportaciones, comunicaciones y ponencias en eventos del tipo congreso y jornadas específicas.

En todo caso parece claro que la RA supera una vez más la mera faceta instrumental para convertirse en metodología educativa, con especiales opciones hacia el aprendizaje basado en el descubrimiento, la creación de aulas virtuales y el modelado de objetos de aprendizaje,

Referencias bibliográficas

- AKÇAYIR, M. y AKÇAYIR, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review* 20, 1–11 doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- ALANNE, K. (2016). An overview of game-based learning in building services engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 204-219. doi: 10.1080/03043797.2015.1056097.
- AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER, S., JULIET, S., y MACINTYRE, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *Computer Graphics and Applications IEEE*, 21(6), 34–47. Recuperado de

<http://www.cc.gatech.edu/fac/Blair.MacIntyre/papers/cga2001.pdf>

- BACCA, J., BALDIRIS, S., FABREGAT, R., y GRAF, S. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 133–149. Recuperado de http://www.ifets.info/journals/17_4/9.pdf
- BHUTTA, Z., UMM-E-HANI, S., y TARIQ, I. (2016). *The next problems to solve in augmented reality*. En 2015 *International Conference on Information and Communication Technologies*, ICICT 2015; Karachi; Pakistan.
- BRESSLER, D., y BODZIN, A. (2013). A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(6), 505–517. doi:10.1111/jcal.12008.
- BRONACK, S. (2011). The role of immersive media in online education. *The Journal of Continuing Higher Education*, 59(2), 113–117. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/07377363.2011.583186>
- CABERO, J., y BARROSO, J. (2016). The educational possibilities of Augmented Reality. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 5(1), 44-50, doi: 10.7821/naer.2016.1.140.
- CAI, S., CHIANG, F. K., y WANG, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 856-865. Recuperado de http://www.etc.edu.cn/~cs/papers/09_ijee2737ns.pdf
- CAI, S., WANG, X., y CHIANG, F. K. (2014). A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31-40. doi:10.1016/j.chb.2014.04.018.
- CAUDELL, T.P., y MIZELL, D. (1992). *Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes*. In *Twenty-fifth Hawaii International Conference on system sciences*.
- CHANG, K., CHANG, C., HOU, C., SUNG, Y., CHAO, Y., y LEE, C. (2014). Development and behavioral pattern analysis of a mobile guide system with augmented reality for painting appreciation instruction in an art museum. *Computers & Education*, 71, 185–197. doi:10.1016/j.compedu.2013.09.022.

- CHANG, Y., HOU, H., PAN, C., SUNG, Y., y CHANG, K. (2015). Apply an augmented reality in a mobile guidance to increase sense of place for heritage places. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(2), 166–178.
- CHENG, C., y TSAI, Y. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638–652. doi: 10.1016/j.compedu.2012.03.001
- CHENG, K., y TSAI, C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449–462. doi: 10.1007/s10956-012-9405-9.
- CHIANG, T., YANG, S.J., y HWANG, G. (2014a). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 352–365. Recuperado de http://www.ifets.info/journals/17_4/24.pdf
- CHIANG, T.H., YANG, S.J., y HWANG, G. (2014b). Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. *Computers & Education*, 78, 97–108. doi:10.1016/j.compedu.2014.05.006,
- DAVIES, R.S., HOWELL, S.L., y PETRIE, J.A. (2010). A review of trends in distance education scholarship at research universities in North America, 1998-2007. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 11(3), 42–56.
- DEDE, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323 (5910), 66–69.
- DI SERIO, Á., IBÁÑEZ, M. B., y VE KLOOS, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586–596. doi:10.1016/j.compedu.2012.03.002.
- DİNÇER, S. (2015). Türkiye'de yapılan bilgisayar destekli öğretimin öğrenci başarısına etkisi ve diğer ülkelerle karşılaştırılması: Bir meta-analiz çalışması. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 12(1), 99-118. Recuperado de <http://www.tused.org/internet/tused/ARCHIVE/v12/i1/tusedv12i1s8.pdf>
- DRYSDALE, J.S., GRAHAM, C.R., SPRING, K.J., y HALVERSON, L.R. (2013). An analysis of research trends in dissertations and theses studying blended learning. *The Internet and Higher Education*, 17, 90–100.

doi:10.1016/j.iheduc.2012.11.003.

- DÜNSER, A., STEINBÜGL, K., KAUFMANN, H., y GLÜCK, J. (2006). *Virtual and augmented reality as spatial ability training tools*. En 7th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on computer-human interaction: design centered HCI (pp. 125-132). ACM.
- DUNLEAVY, M., DEDE, C., y MITCHELL, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22. doi:10.1007/s10956-008-9119-1.
- EL SAYED, N.A., ZAYED, H., y SHARAWY, M. (2011). ARSC: Augmented reality student card. *Computers & Education*, 56(4), 1045-1061.
- FERRER-TORREGROSA, J., TORRALBA, J., JIMENEZ, M. A., GARCÍA, S., y BARCIA, J. M. (2015). AR BOOK: development and assessment of a tool based on augmented reality for anatomy. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 119-124. doi:10.1007/s10956-014-9526-4
- FOMBONA, J. (2013). La interactividad de los dispositivos móviles geolocalizados, una nueva relación entre personas y cosas. *Revista Historia y Comunicación Social*, 18, 777-788. doi: http://dx.doi.org/10.5209/rev_HICS.2013.v18.44007
- FURIÓ, D., GONZÁLEZ-GANCEDO, S., JUAN, M., SEGUÍ, I., y COSTA, M. (2013). The effects of the size and weight of a mobile device on an educational game. *Computers & Education*, 64, 24-41. doi:10.1016/j.compedu.2012.12.015
- GAVISH, N., GUTIÉRREZ, T., WEBEL, S., RODRÍGUEZ, J., PEVERI, M., y BOCKHOLT, U. (2015). Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. *Interactive Learning Environments*, 23(6), doi: <http://dx.doi.org/10.1080/10494820.2013.815221>
- HENRYSSON, A., BILLINGHURST, M., y OLLILA, M. (2005). Face to face collaborative AR on mobile phones. In *Mixed and Augmented Reality, 2005 Proceedings*. 4th IEEE/ACM International Symposium on Augmented and Mixed Reality.
- HEW, K.F., KALE, U., y KIM, N. (2007). Past research in instructional technology:

- Results of a content analysis of empirical studies published in three prominent instructional technology journals from the year 2000 through 2004. *Journal of Educational Computing Research*, 36(3), 269–300.
- HSIAO, K., CHEN, N., y HUANG, S. (2012). Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. *Interactive Learning Environments*, 20(4), 331–349. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/10494820.2010.486682>
- HWANG, G., y TSAI, C. (2011). Research trends in mobile and ubiquitous learning: A review of publications in selected journals from 2001 to 2010. *British Journal of Educational Technology*, 42(4), 65–70. doi: 10.1111/j.1467-8535.2011.01183.x
- HWANG, G., TSAI, C., CHU, H., KINSHUK, K., y CHEN, C. (2012). A context-aware ubiquitous learning approach to conducting scientific inquiry activities in a science park. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(5), 931–947. doi: <http://dx.doi.org/10.14742/ajet.825>
- IBÁÑEZ, M., DI SERIO, A., VILLARÁN, D., y KLOOS, C. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1–13. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004>
- JOHNSON, L., LAURENCE, F., SMITH, R, y STONE, S. (2010). *The 2010 horizon report*. The New Media Consortium: Austin, Texas.
- KAMARAINEN, A.M., METCALF, S., GROTZER, T., BROWNE, A., MAZZUCA, D., y TUTWILER, M.S. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545–556. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.018>
- KARATAS, S. (2008). Interaction in the internet-based distance learning Researches: Results of a trend analysis. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 7(2), 1–9.
- KAUFMANN H., y SCHMALSTIEG, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers & Graphics*, 27 (3), 339–345. doi:10.1016/S0097-8493(03)00028-1.
- KERAWALLA, L., LUCKIN, R., SELJEFLOT, S., y WOOLARD, A. (2006). “Making it real”: Exploring the potential of augmented reality for teaching primary

- school science. *Virtual Reality*, 10(3-4), 163-174.
- KIŞ, A., y KONAN, N. (2014). Okul müdürlerinin öğretimsel liderlik davranışlarını gösterme düzeylerine ilişkin sınıf ve branş öğretmenlerinin görüşleri: Bir meta-analiz. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 359-374.
- KLOPFER, E., y YOON, S. (2004). Developing games and simulations for today and tomorrow's tech savvy youth. *TechTrends*, 49(3), 41-49.
- KUCUK, S., AYDEMİR, M., YILDIRIM, G., ARPACIK, O., y GOKTAS, Y. (2013). Educational technology research trends in Turkey from 1990 to 2011. *Computers & Education*, 68, 42-50. doi:10.1016/j.compedu.2013.04.016.
- KURILOVAS, E. (2016). Evaluation of quality and personalisation of VR/AR/MR learning systems. *Behaviour and Information Technology*, 35(11), 998-1007. doi:10.1080/0144929X.2016.1212929.
- LAI, Y.-S., y HSU, J.-M. (2011). *Development trend analysis of augmented reality system in educational applications*. International Conference on Electrical and Control Engineering, (pp. 6527-6531).
- LIN, H., CHEN, M., y CHANG, C. (2015). Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system. *Interactive Learning Environments*, 23(6), 799-810. doi:10.1080/10494820.2013.817435.
- LIN, T. J., DUH, H. B. L., LI, N., WANG, H. Y., y TSAI, C. C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321. doi: 10.1016/j.compedu.2013.05.011.
- LINDGREN, R. y JOHNSON-GLENBERG, M. (2013). Emboldened by embodiment six precepts for research on embodied learning and mixed reality. *Educational Researcher*, 42(8), pp. 445-452. doi: 10.3102/0013189X13511661.
- LU, H., WU, C., y CHIU, C. (2009). *Research trends in e-learning from 2005 to 2007: A content analysis of the articles published in selected journals*. *Educational Technology & Society*, 15(2), 354-370. Recuperado de http://www.ifets.info/journals/15_2/30.pdf
- LU, S., y LIU, Y. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance

- children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525–541. doi:10.1080/13504622.2014.911247.
- LUCKIN, R., y FRASER, D. S. (2011). Limitless or pointless? An evaluation of augmented reality technology in the school and home. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 3(5), 510-524. doi:10.1504/IJTEL.2011.042102
- LUOR, T.T., JOHANSON, R.E., LU, H.P. y WU, L.L. (2008). Trends and lacunae for future computer assisted learning (CAL) research: An assessment of the literature in SSCI journals from 1998–2006. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(8), 1313–1320. doi:10.1002/asi.20836.
- MARTIN, S., DIAZ, G., SANCRISTOBAL, E., GIL, R., CASTRO, M., y PEIRE, J. (2011). New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education*, 57(3), 1893–1906. doi:10.1016/j.compedu.2011.04.003.
- MARTÍN-GUTIÉRREZ, J., SAORÍN, J. L., CONTERO, M., ALCANIZ, M., PÉREZ-LÓPEZ, D. C., y ORTEGA, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77-91.
- MOHD YUSOF, A., DANIEL, E., LOW, W., y AB AZIZ, K. (2014). Teachers' perception of mobile edutainment for special needs learners: The Malaysian case. *International Journal of Inclusive Education*, 18(12), 1237–1246. Doi:10.1080/13603116.2014.885595.
- MUÑOZ-CRISTOBAL, J., JORRIN, I., ASENSIO-PEREZ, J., MARTINEZ-MONES, A., PRIETO, L., y DIMITRIADIS, Y. (2015). Supporting teacher orchestration in ubiquitous learning environments: A study in primary education. *Learning Technologies, IEEE Transactions on Learning*, 8(1), 83–97. doi:10.1109/TLT.2014.2370634.
- NATALIA, A. (2016). Using augmented reality in libraries: State of the art. *BiD*, 36. doi: 10.1344/BiD2016.36.4
- NEW MEDIA CONSORTIUM (2012). *Horizon Report Higher Education Edition*. Recuperado de <http://www.nmc.org/publications/horizon-report-2012-higher-ed-edition>
- NOLEN, A.L. (2009). The content of educational psychology: An analysis of top

- ranked journals from 2003 through 2007. *Educational Psychology Review*, 21(3), 279–289. doi:10.1007/s10648-009-9110-2.
- ÖZCAN, Ş., y BAKIOĞLU, A. (2010). Bir meta analitik etki analizi: Okul yöneticilerinin hizmetiçi eğitim almalarının göreve etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38(38), 201-212. Recuperado de <http://www.efdergi.hacettepe.edu.tr/yonetim/icerik/makaleler/429-published.pdf>
- SANTOS, M., CHEN, A., TAKETOMI, T., YAMAMOTO, G., MIYAZAKI, J., y KATO, H. (2014). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on Learning*, 7 (1), 38–56. doi:10.1109/TLT.2013.37.
- SARACCHINI, R., CATALINA, C., y BORDONI, L. (2015). Tecnología asistencial móvil, con realidad aumentada, para las personas mayores. *Comunicar*, 23, 65–73. doi:10.3916/C45-2015-07.
- SEFEROĞLU, S. S. (2007). *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı*. Ankara: Pegem Akademi.
- SHELTON, B. E., y HEDLEY, N. R. (2002). Using augmented reality for teaching earth-sun relationship to undergraduate geography students. The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop (pp. 1-8). Darmstadt, Germany: IEEE.
- SHIH, M., FENG, J., y TSAI, C. (2008). Research and trends in the field of e-learning from 2001 to 2005: A content analysis of cognitive studies in selected journals. *Computers & Education*, 51(2), 955–967. doi:10.1016/j.compedu.2007.10.004.
- SINGHAL, S., BAGGA, S., GOYAL, P., y SAXENA, V. (2012). Augmented chemistry: Interactive education system. *International Journal of Computer Applications*, 49(15), 1-5. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.258.9235&rep=rep1&type=pdf>
- SOMMERAUER, P., y MÜLLER, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59-68. doi:10.1016/j.compedu.2014.07.013.

- SOTIRIOU, S., y BOGNER, F. (2008). Visualizing the invisible: Augmented reality as an innovative science education scheme. *Advanced Science Letters*, 1(1), 114–122.
- SQUIRE, K.D., y JAN, M. (2007). Mad City Mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 5–29. doi:10.1007/s10956-006-9037-z.
- STATISTA (2015). Share of mobile device owners worldwide from 2011 to 2016, by number of devices owned. Recuperado de <http://www.statista.com/statistics/245501/multiple-mobile-device-ownership-worldwide>
- STRIJBOS, J., MARTENS, R., PRINS, F.J., y JOCHEMS, W.M. (2006). Content analysis: What are they talking about? *Computers & Education*, 46(1), 29–48. doi:10.1016/j.compedu.2005.04.002.
- TEKEDERE, H., y GÖKER, H. (2016). Examining the effectiveness of augmented reality applications in education: A meta-analysis. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(16), 9469-9481. Recuperado de <http://www.ijese.net/makale/1181>
- Wu, H.K., LEE, S. W.Y., CHANG, H.Y., y LIANG, J.C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41- 49. doi: 10.1016/j.compedu.2012.10.024.
- WU, W., WU, Y., CHEN, Y., KAO, H., LIN, H., y HUANG, S. (2012). Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis. *Computers & Education*, 59(2), 817–827. Doi:10.1016/j.compedu.2012.03.016.
- YU, D., JIN, J., LUO, S., LAI, W., y HUANG, Q. (2009). A useful visualization technique: A literature review for augmented reality and its application, limitation & future direction. En L.M. Huang, V.Q. Nguyen, K. Zhang (Eds.), *Visual information communication* (pp. 311–337). Springer US, Boston, MA.
- YUEN, S., YAOYUNYONG, G., y JOHNSON, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140.
- ZARRAONANDIA, T., AEDO, I., DÍAZ, P., y MONTERO, A. (2013). An augmented lecture feedback system to support learner and teacher communication. *British Journal of Educational Technology*, 44(4), 616–628. doi:

Cómo citar este artículo:

Fombona Cadivienco, Javier y Pascual Sevillano, M^a Ángeles (2017). La producción científica sobre Realidad Aumentada, un análisis de la situación educativa desde la perspectiva SCOPUS. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 39-61.