

La Realidad Aumentada como recurso  
creativo en la educación: una revisión global

*Augmented reality as a creative resource in  
education: a global review*

Mariana-Daniela González-Zamar

Universidad de Almería

mgz857@ual.es

<https://orcid.org/0000-0003-1187-8970>

Emilio Abad-Segura

Universidad de Almería

eas297@ual.es

<https://orcid.org/0000-0001-8624-103X>

*Recibido:* 10 de noviembre de 2019

*Aceptado:* 15 de diciembre de 2019

*Para citar este artículo:* González-Zamar, M-D. y Abad-Segura, E. (2020) La Realidad Aumentada como recurso creativo en la educación: una revisión global. Escuelas creativas. *Creatividad y Sociedad* (32) 164-190.

Recuperado de <http://creatividadysociedad.com/wp-admin/Articulos/32/32.8.pdf>

## Resumen

En los últimos años, el incremento de las interfaces digitales aplicadas a diferentes propósitos ha supuesto una revolución en la sociedad, en general, y en el ámbito académico, en particular. Las posibilidades didácticas que ofrecen las nuevas tecnologías a los contextos educativos como recurso creativo, las convierten en una herramienta con gran potencial. En este contexto, la Realidad Aumentada (RA) como variante de experiencia virtual e inmersiva, se caracteriza por combinar la información digital y la información física en tiempo real. De esta manera, el proceso de aprendizaje se ve favorecido al incorporar un valor añadido a la educación y a temáticas en ocasiones complejas de abordar. El objetivo de este estudio es identificar las publicaciones científicas relacionadas con la RA aplicadas a la educación durante el período 2000 a 2018, además de la red de colaboración entre autores, países y un análisis de las relaciones entre las principales palabras clave. Para esto, se realizó un análisis bibliométrico de la literatura científica de la base de datos Scopus. Se identificaron 1.197 documentos sobre la temática de investigación. Los resultados del análisis revelaron que, la productividad se ha incrementado considerablemente desde el año 2007. Por último, se ha detectado que, entre las principales tendencias de investigación, se prevé avanzar en el impacto de la RA sobre los procesos cognitivos y emocionales de los estudiantes.

## Palabras clave

Realidad aumentada · Educación · Recurso · Creatividad · Bibliometría · Innovación

## Abstract

In recent years, the increase in digital interfaces applied to different purposes has led to a revolution in society, in general, and in the academic field, in particular. The didactic possibilities offered by new technologies to educational contexts as a creative resource, make them a tool with great potential. In this context, Augmented Reality (AR) as a variant of virtual and immersive experience, is characterized by combining digital information and physical information in real time. In this way, the learning process is favored by incorporating added value to education and on issues that are sometimes complex to address. The objective of this study is to identify the scientific publications related to RA applied to education during the period 2000 to 2018, in addition to the network of collaboration between inter-operators, countries and an analysis of the relationships between the main keywords. For this, a biometric analysis of the scientific literature of the Scopus database was performed. 1,197 documents on the subject of research were identified. The results of the analysis revealed that, the productivity has increased considerably since 2007. Finally, it has been detected that, among the main research trends, it is expected to advance in the elimination of AR on the cognitive and emotional processes of students.

## Key words

Augmented reality · Education · Resource · Creativity · Bibliometrics · Innovation

## 1. Introducción

En las últimas décadas, del mismo modo que ocurre con otras tecnologías experimentales que nacen para responder a investigaciones científicas, la realidad aumentada (RA) ha traspasado la barrera de la ciencia para acceder a desarrolladores de contenido y consumidores finales haciéndose más accesible.

En este contexto digital, la realidad virtual (RV) y la RA son tecnologías que están despertando gran interés por su enorme potencial estratégico. En la actualidad, la RV y la RA, están marcando tendencia con gran impacto en diversos estudios y propuestas aplicadas al ámbito de la educación y en su proceso creativo (Wei, Weng, Liu y Wang, 2015; Wu, Lee, Chang y Liang, 2013). En cualquier caso: innovación, creatividad, inmersión, fascinación, tecnología e información, son palabras que definen y acompañan al concepto de la RA. En los últimos años, se ha comprobado un aumento relevante en las publicaciones científicas (Akçayır y Akçayır, 2017), haciéndose eco del impacto el ámbito académico español (Cabero, Barroso y Llorente, 2019).

La RV y la RA son sistemas tecnológicos basados en ordenadores y dispositivos que incluyen la digitalización de imágenes. Su finalidad es producir una realidad virtual, donde el usuario tenga la percepción de formar parte ella, ya sea mediante una inmersión total o parcial. En este sentido, existen diferencias notables entre ambas. La RV es una práctica digital inmersiva que sustituye el entorno real por otro simulado. Aunque existen diversos conceptos sobre RV, nos interesa destacar aquel que deriva de la combinación de tres perspectivas: la filosófica, la técnica y la psicológica. Según definen Brudniy y Demilhanova (2012), la RV es:

La forma más avanzada de relación entre una persona y un sistema informático, dicha relación permite una interacción directa entre el usuario y el ambiente generado artificialmente, ambiente que está destinado a estimular alguno o todos los sentidos humanos, caracterizándose principalmente por crear una ilusión a nivel cerebral de participación directa en dicho ambiente (p.6).

Es decir, el usuario se encuentra inmerso en un escenario tridimensional artificial, generado por el ordenador y no observa nada de lo que se encuentra a su alrededor (Chandrasekera y Yoon, 2018).

Por su parte, la RA es una variante de experiencia virtual y se entiende como: “una tecnología que facilita la combinación de la información digital y la información física en tiempo real (...) permite a los usuarios ver e interactuar en tiempo real con imágenes virtuales superpuestas sobre el mundo real” (Cabero, Barroso y Llorente, 2019, pp.106-107). En este caso, el sujeto convive entre lo real y lo virtual complementándose un entorno con el otro. Es decir, existe una superposición de objetos virtuales sobre el entorno físico real. Esto supone, el uso de dispositivos móviles, como smartphones o tablets, lo que facilita su incorporación al ámbito educativo y su predisposición ante los estudiantes como una herramienta motivadora (Acosta, Navarro, Gesa y Kinshuk, 2019).

La percepción positiva de la RA se debe a las posibilidades que ofrecen las interfaces digitales para penetrar en la mente del usuario/estudiante a través de experiencias visuales atractivas, proporcionando un valor añadido a la educación y a temáticas en ocasiones complejas de abordar.

Kesim y Ozarslan (2012) describen algunas de las características básicas para poder hablar de tecnología de RA. La primera condición es que debe integrarse el entorno real con el virtual. Como segunda cuestión, debe hacerse en tiempo real; y, por último, todo ello, debe poder ser aplicado en un espacio con tres dimensiones generando un registro preciso de los elementos reales y virtuales. Asimismo, podría decirse que la RA es muy similar a otras interfaces digitales, en el sentido que permite que mediante la combinación de una serie de tecnologías se traslade la información virtual a la percepción visual del usuario (Hein y Rauschnabel, 2016).

El propósito de este estudio es explorar el uso de la RA y su vinculación en la educación, con la finalidad de conocer las experiencias y el impacto de la RA durante el proceso y el desarrollo creativo de los alumnos.

Nos interesa conocer la aplicación de la RA y el interés que suscita como herramienta didáctica para incorporarla al ámbito educativo y a los procesos de enseñanza; además de descubrir cuáles son las ventajas e inconvenientes de su aplicación.

En la revisión de la literatura realizada se han encontrado estudios que abordan esta temática, de modo que la pregunta de investigación se refiere a determinar si la implantación de la RA en la educación ha supuesto un creciente interés en la producción académica a lo largo de los últimos años.

Así, en consecuencia, el objetivo de este estudio es identificar las publicaciones científicas relacionadas con la realidad aumentada aplicadas a la educación durante el período 2000 a 2018, además de la red de colaboración entre autores, países y un análisis de las relaciones entre las principales palabras clave.

El análisis bibliométrico se empleó para explorar las características de las publicaciones en el área de RA y comprender las tendencias de investigación. La base de datos utilizada fue *Scopus*. Se examinaron publicaciones sobre RA en todos los niveles del ámbito educativo. Asimismo, se tuvo en cuenta la formación de los clústeres que se originaban según el acoplamiento bibliográfico atendiendo a los países y los autores más productivos, y las palabras clave.

Se utilizaron métodos de visualización bibliográfica para analizar y visualizar las características de las publicaciones seleccionadas. Un total de 1.197 publicaciones fueron seleccionadas siguiendo los criterios de investigación en el período que va del año 2000 a 2018. Los resultados revelaron que la RA es una de las herramientas tecnológicas que más ha impactado de forma positiva en la educación.

Por último, destacar que entre las líneas de investigación que se están desarrollando actualmente en relación con el tema de estudio, éstas se refieren, entre otras, a implementar prácticas curriculares que otorguen solidez y madurez a la aplicación de la RA y aportar mayor investigación en los entornos educativos.

## 2. Marco teórico

La trascendencia que está adquiriendo la RA en la actualidad, ha supuesto que ésta sea presentada como una tecnología emergente con grandes posibilidades de incorporación al sistema educativo. A pesar de ello, desde el punto de vista conceptual y tecnológico, aumentar la realidad no resulta una idea nueva.

En la década de los años 60, surgieron precursores que, con su ingenio y creaciones, diseñaron precedentes de gafas inteligentes (Sutherland, 1965) o gafas de RA, que más adelante desarrollarían con mayor sofisticación Google. También resulta interesante la propuesta del artista Krueger que, desarrolló interesantes trabajos interactivos, considerándose uno de los investigadores iniciales de RV y RA. En 1969, propuso una interfaz de sonido de luz controlada por ordenador, que respondía a las personas que se encontraban dentro de él. A mediados de 1970, estableció un laboratorio de realidad artificial: *videoplace*, aquí avanzó en la creación de una realidad artificial que rodeaba a los usuarios, y respondía a sus movimientos y acciones, sin verse obstaculizado por el uso de gafas o guantes. El trabajo realizado en el laboratorio formaría la base del libro publicado en 1983, *Realidad artificial* (Kalawsky, 1999).

De este modo, se puede reconocer que, estos ejemplos y casos de estudio, sirvieron de inspiración para avanzar en el desarrollo de soluciones técnicas y conceptuales que han dado como resultado la actual RA.

Según Carmigniani y Furht (2011), la RA puede definirse como una vista directa o indirecta en tiempo real de un entorno real que ha sido mejorado por tecnologías virtuales asistidas por ordenador. Es decir, un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física existente. No sustituye la realidad física, sino que sobreimprime los datos informáticos al mundo real. En este contexto, también se plantean términos para referirse al fenómeno de la RA, como entorno sintético, realidad artificial y tecnología de simulación.

Considerando la relevancia de la RA como recurso creativo y como herramienta para dar cauce a la creatividad, reconocemos las posibilidades de aprendizaje que brinda sin salir del aula. En este sentido, ofrece al alumno la posibilidad de experimentar de manera directa sus estímulos dotando al aprendizaje de un gran valor significativo (Akçayır y Akçayır, 2017).

Por otro lado, a lo largo de la historia, el término de creatividad, ha sido definido por numerosos autores, artistas, científicos, psicólogos y profesionales provenientes de diversas áreas y disciplinas. Así, la arquitecta Leski (2015) la describe como:

(...) una tormenta que lentamente comienza a acumularse y tomar forma hasta que te supera, siempre que estés dispuesto a dejarla actuar  
(...) así, surge la necesidad de hacer, inventar o producir, en lugar de imitar, caracterizándose todo ello por la originalidad e imaginación. (p.7)

Del mismo modo, nos interesa destacar la consideración que Gardner (2001) hace del individuo creativo como “una persona que resuelve problemas con regularidad, elabora productos o define cuestiones nuevas en un campo de un modo, que, al principio, es considerado nuevo, pero al final llega a ser aceptado en un contexto cultural concreto” (p.126). Aza (1999) se centra en la persona creativa y manifiesta que, “la creatividad es una capacidad humana que, en mayor o menor medida, todo el mundo posee” (p.25). En esto coincide Menchén (2001), quien plantea que “la creatividad es una característica natural y básica de la mente humana y que se encuentra potencialmente en todas las personas” (p.62). “La imaginación es el motor de la creatividad. Nos permite pensar cosas que no percibimos a través de los sentidos”, nos plantea Robinson (2015, p.139).

Tras todos estos términos subyace el concepto de escuela creativa (Rogers y Freiberg, 1996). Una escuela creativa, es aquella capaz de desarrollar la esencia de cada individuo. Sin el temor que supone el desempeño académico como finalidad única del aprendizaje. Las escuelas creativas conciben el aprendizaje como un

hecho espontáneo, de exploración, diálogo, razonamiento y socialización. Robinson (2015), educador y experto en calidad, creatividad e innovación educativa, propone un modelo de enseñanza basado en la creatividad. La educación actual debe preparar al individuo para el cambio. Debe aprender a pensar.

Las investigaciones de Winner, Hetland, Veenema, Sheridan, Palmer y Locher (2006) se apoyan en estudios como el de Eisner (2002). Estos autores demuestran cómo las artes ayudan a los estudiantes a desarrollar la creatividad y, por lo tanto, la flexibilidad, expresividad y la capacidad de adaptación en situaciones de la vida. Así, existe una evidencia clara de que el aprendizaje creativo no es sólo una disciplina emotiva, sino que requiere de una profunda reflexión y rigor intelectual y, por tanto, se aprende.

Es importante entender la enseñanza del pensamiento creativo como ámbito general de la educación. Touriñán-López (2011) afirma que:

(...) la educación artística es susceptible de ser tratada como un problema pedagógico general, que permite desarrollar competencias, que implica destrezas, hábitos, actitudes y conocimientos, vinculadas al carácter y sentido propios del significado de educación, es decir, con el mismo carácter y sentido que corresponde a toda educación. (p.53)

En este contexto, resulta ineludible incorporar como objetivo en los centros educativos el desarrollar el pensamiento artístico como juego libre de la sensibilidad, imaginación y creatividad. Enseña a hacer, crear y realizar, pero no desde la mera capacitación técnica, porque en lugar de enfatizar la uniformidad, lo que se busca es acentuar la diferencia e individualidad de las personas y sus creaciones (García, 2017). Educar artísticamente es educar más allá de una disciplina de conocimiento, puesto que busca el sentido de identidad; es decir, identificarse con lo diferente, lo único y lo original. De este modo, la Educación Artística es importante para que los

alumnos mejoren, no sólo en el rendimiento de otras asignaturas como, por ejemplo, matemáticas, sino más bien se enseña esta disciplina porque es necesaria para posibilitar el máximo desarrollo personal. Por esto, las artes se constituyen como un vehículo para la instrucción sobre la tolerancia, la diversidad y la importancia del entendimiento humano. Podría decirse que, la importancia de la creatividad para el desarrollo personal y profesional resultan clave en la vida de cualquier individuo.

Lowenfeld (1961), conocido como el padre de la Educación Artística, defendió el uso del arte en la educación y dedicó su temprana carrera docente a una escuela para niños ciegos, donde desarrolló proyectos demostrando, además, el uso terapéutico de la creatividad y el arte. La creatividad capacita a las personas para que aprendan nuevos conocimientos y descubran nuevas posibilidades y experiencias. Esto da una ligera idea de que la creatividad no debe ser un evento especial, sino una práctica común, una condición cotidiana para responder a diario.

Debemos ser creativos desde cada partícula de nuestro organismo y no tomar la creatividad como un rasgo que solo algunas personas poseen como muchas veces se considera. Se debe fomentar el poder de la creación artística como una fuerza que puede traducirse a otras áreas. Por ello, los planes de estudios que fomenten el pensamiento creativo, permiten a los estudiantes comunicarse de forma efectiva con otros y entenderse, empatizar y ver los problemas sociales desde otra mirada. Como resultado, podremos ver a los estudiantes continuamente dispuestos a asumir nuevos y más difíciles retos, aprendiendo de los errores y avanzando en los aciertos.

En este escenario, la RA puede favorecer el pensamiento creativo (Hsu, Wending y Hughes, 2018). Plantear la imaginación como motor de la realidad. Así lo demuestran investigaciones como la llevada a cabo por Di Serio, Ibáñez y Kloos (2013), que analizaron el impacto de un sistema de RA en la motivación de los estudiantes para un curso de arte visual de secundaria. Los resultados demuestran altos niveles de satisfacción en los cuatro factores motivacionales analizados: atención, relevancia, confianza y satisfacción. Al realizar las prácticas con un módulo de realidad

aumentada, independiente del nivel de estudios del que se tratase, generaron más atención de los estudiantes que uno tradicional, comprendieron procesos difíciles de explicar e imaginar, crearon y manipularon objetos y descubrieron procesos y elementos del entorno.

En una pedagogía basada en la creatividad, se aseguraría que los alumnos pudieran adquirir, como parte natural de su experiencia, las habilidades necesarias para comprender el aprendizaje profundo, el valor del pensamiento crítico, el desarrollo del pensamiento divergente y convergente y la motivación.

El educador y filósofo, Dewey (1934) fue un defensor de la integración de las artes en la educación como medio para desarrollar la creatividad. El autor declaró que las artes deberían ser una parte fundamental del currículo porque desarrollan la creatividad, la autoexpresión y la apreciación de la expresión de los demás. Además, Dewey argumentó que los niños necesitan una educación que sea auténtica y les permita crecer mental, física y socialmente; al tiempo de brindarle oportunidades para ser creativos, pensadores críticos y entender el mundo que los rodea (Heilig, Cole y Aguilar, 2010).

La importancia del pensamiento creativo en los alumnos radica porque involucra dos procesos consecutivos: divergencia y convergencia. El pensamiento divergente implica expandir pensamientos e ideas, hacer nuevas conexiones y abrir múltiples áreas posibles para la exploración. Es cuando se generan nuevos pensamientos y posibilidades.

Por su parte, el pensamiento convergente es cuando los alumnos pueden establecer conexión con la sociedad y la realidad que les rodea mediante la progresión en este pensamiento, evaluando las posibilidades que les ofrece el entorno y desechando aquellas ideas débiles o que no les reportan ningún beneficio.

La creatividad vinculada al aprendizaje puede, por lo tanto, proporcionar una plataforma ideal para mejorar el bienestar general de los alumnos, permitiendo desde

pequeños contribuir a la innovación desde su círculo escolar entendiendo la creatividad como base de su futuro (Klimenko, 2008). Fomentar desde niños el desarrollo de la creatividad e imaginación mediante la práctica creativa regular, resulta más beneficioso que la producción de una calificación satisfactoria.

En este sentido, la creatividad aumentada o *creativity augmented*, está siendo considerada por sus posibilidades educativas (Grigorenko, 2019; Su, 2019; Ibáñez, y Delgado, 2018; Yilmaz y Goktas, 2017; Yuliono y Rintayati, 2018; Zünd, Ryffel, Magnenat, Marra, Nitti, Kapadia y Sumner, 2015), reconociendo entre sus ventajas la de ser una realidad mixta que se integra en tiempo real e incorpora información proveniente de diversas fuentes digitales. Esto la dota de un alto nivel interactivo, lo cual la enriquece y distingue de otros entornos virtuales conectando positivamente con los estudiantes (Di Serio, Ibáñez y Kloos, 2013) y su motivación (Chiang, Yang y Hwang, 2014; Radu, 2014).

La mayoría de los estudios sobre RA en educación se basan en las teorías de aprendizaje, especialmente en la teoría constructivista y de aprendizaje situado (Radosavljevic, Radosavljevic y Grgurovic, 2018). Hay que señalar que, el enfoque constructivista anima a los estudiantes a comprender y construir su conocimiento utilizando la información que perciben del mundo exterior (Phillips, 1995). Por su parte, la teoría del aprendizaje hace referencia al contexto sociocultural como elemento clave para la adquisición de habilidades y competencias, buscando la solución de los retos diarios siempre con una visión colectiva (Quay, 2003). El conocimiento es desarrollado activamente por los alumnos a través de procesos sociales en un entorno mejorado. En este contexto, las aplicaciones RA emplean entornos reales y virtuales, alentando a los estudiantes a desarrollar y construir conocimiento en colaboración con otros compañeros.

Eisner (2002) justifica los beneficios de la enseñanza de las artes para una educación integral en sus diez lecciones de la enseñanza de las artes. Así, el autor señala que “las artes enseñan a los niños a tomar buenas decisiones sobre relacio-

nes cualitativas, a que los problemas pueden tener más de una solución y que las preguntas pueden tener más de una respuesta. Las artes muestran múltiples perspectivas" (pp.70-92). Cualquiera de las lecciones justifica la integración de las artes en otras asignaturas.

Esto ha supuesto que en los últimos años y, principalmente, en los países desarrollados, la RV haya ganado presencia en los entornos educativos como un enfoque alternativo a las experiencias de aprendizaje tradicionales (Billinghurst, 2002; Billinghurst y Duenser, 2012), debido a que, a diferencia de otras aplicaciones informáticas, la RV le brinda al usuario/alumno, un entorno visual en tres dimensiones altamente interactivas muy parecidas a las que ofrece el mundo real. Esto permite, además, que los estudiantes experimenten no sólo la sensación de estar presentes dentro del entorno con la posibilidad de interactuar con los objetos dentro de él, sino que también algo suceda dentro de dicho entorno sin que esto necesariamente sea resultado de una acción que él efectúe (Chandrasekera y Yoon, 2018), todo ello a través de sus dos componentes clave: la inmersión y la interacción (Lytridis y Tsinakos, 2018).

Existe un gran volumen de investigaciones que se han centrado en analizar los resultados beneficiosos del uso de RA en entornos educativos. Es necesario señalar como ventajas los niveles más altos de rendimiento académico, la motivación a la hora de aprender, el interés por el tema y la participación en el contenido (Billinghurst y Duenser, 2012; Koçak, Yılmaz, Küçük y Göktas, 2019; Lee, 2012; Pi y Lee, 2016). La retención de contenido y mayor facilidad en la adquisición de los contenidos, son otras de las ventajas que ofrecen las experiencias con RA (Cabero y García, 2016). La Figura 1 muestra los términos clave de la búsqueda realizada en Scopus en este campo de investigación.



do a cabo un análisis bibliométrico. Así, la bibliometría se define como la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a libros y otros medios de comunicación (Pritchard, 1969). El objetivo de esta metodología es identificar, organizar y analizar los componentes principales dentro de un campo de investigación específico. Asimismo, permite presentar la evolución del interés por la temática objeto de estudio, al reflejar los autores, países, revistas y palabras clave más relevantes durante los últimos años (Durieux y Gevenois, 2010).

Los artículos de investigación en una disciplina científica se pueden clasificar a través del análisis bibliográfico de acuerdo con su información bibliográfica, como citas, palabras clave, instituciones, países, autores, fuentes y títulos (Abad-Segura y González-Zamar, 2019).

Usando estas técnicas se pueden crear, visualizar y explorar mapas bibliográficos. Un mapa, generalmente, consta de un solo tipo de elemento. También hay enlaces entre pares de artículos. Los enlaces muestran las conexiones o relaciones entre elementos. En este estudio, se ilustran enlaces de acoplamiento bibliográfico y enlaces de concurrencia. Los enlaces y los artículos forman una red bibliográfica juntos (Perianes-Rodríguez, Waltman y Van Eck, 2016; Waltman, Van Eck y Noyons, 2010; Van Eck y Waltman, 2009).

Se realizó un análisis de la literatura científica mediante el índice de citas Scopus. Esta base de datos contiene una amplia cobertura llegando a casi 25.000 revistas publicadas por más de 5.000 editores internacionales, y con cobertura de hace más de dos décadas. La ecuación de la búsqueda utilizada incluyó los siguientes términos que aúnan la producción de este campo de investigación: “augmented reality”, “creative”, “teaching”, “education”, “higher education” y “learning”.

La elección de los campos de búsqueda atiende a aquellos con mayor valor descriptivo dentro de cada registro y que resultan más representativos, de acuerdo con la revisión de la literatura realizada. Así, se incluyen los campos de Título, Re-

sumen y Palabras Clave. Por otro lado, se ha considerado enriquecer los registros a partir de los Tesoros propios o externos en el campo *Index Terms*. La cobertura temporal considerada corresponde al período de 19 años, es decir, desde 2000 hasta 2018.

Así, la muestra final incluyó con un total de 1.197 artículos, con una amplia diversidad de variables a analizar para cada registro, como son: el año de publicación, la revista, el área temática, el autor y coautores del trabajo, la afiliación institucional de los autores, así como el país de afiliación y las palabras clave que definen el artículo.

Es necesario subrayar que no se aplicaron límites en el idioma del documento. Asimismo, se incluyeron documentos, además de los propios de investigaciones científicas, de *Trade Publications*, *Conference Proceedings* y *Book Series*.

## 4. Resultados y discusión

Los resultados del análisis bibliométrico se presentan agrupados con objeto de responder al acoplamiento bibliográfico de países, autores y coincidencias de las palabras clave. También se incluye la productividad, según las unidades de análisis y temporalidad. En este primer apartado, es necesario mencionar que existe una prevalencia mayoritaria de artículos (1.142; 95,4%), seguido de los capítulos de libros (35; 2,9%), las publicaciones comerciales (13; 1,1%) y, por último, las comunicaciones en congresos (5; 0,4%).

Así, la distribución temporal de la producción científica es un dato relevante, puesto que permite observar el flujo de publicaciones y la importancia o profundidad que va adquiriendo una temática en la investigación.

En la Figura 2 se muestra la evolución durante 19 años de la producción científica en este campo de investigación, es decir, desde el año 2000 hasta 2018. El año de mayor producción científica en *Scopus* es 2018, con 288 documentos; mientras

que en 2017 se publicaron 219 documentos, en el campo de la realidad aumentada en la educación. Se puede apreciar una tendencia creciente en la producción, que inicia un ascenso continuado desde el año 2010. Entre el período 2010-2018 se han documentado un total de 1.108 publicaciones, demostrando el interés creciente de la temática en cuestión en los últimos ocho años estudiados.

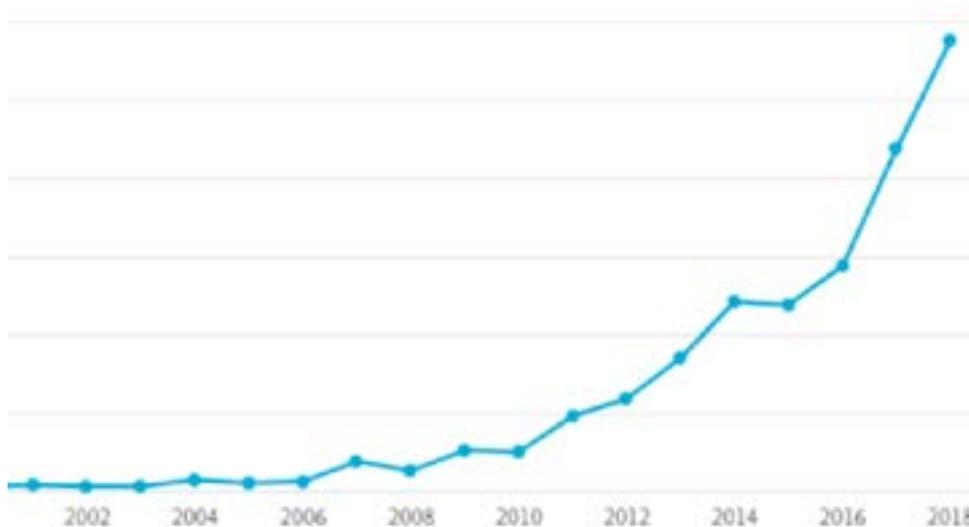


Figura 2. Evolución de la producción científica en el campo de investigación (2000-2018). Fuente: Scopus.

La Figura 3 presenta la colaboración entre países basado en la co-autoría de sus autores más productivos. Los resultados revelaron el acoplamiento en siete *clústeres* o grupos. Los colores representan cada grupo conformado por diferentes países, y el tamaño del círculo simboliza el número de artículos cuya autoría representa. El primer grupo incluye a 11 países; el segundo, tercer y cuarto grupo lo integran 9 países, cada uno de ellos; los grupos quinto y sexto están conformado por 5 países, cada uno de ellos; y, finalmente, el séptimo grupo, con 2 países.

El clúster 1 (color rojo) lo lidera Taiwán junto con China, Dinamarca, Hong Kong, India, Holanda, Noruega, Portugal, Singapur, Corea del Sur y Vietnam. Mientras, el clúster 2 (color verde) está encabezado por Alemania y coopera con Brasil, Chipre e Italia, entre otros. El clúster 3 (color azul) está encabezado por España, y



En cuanto a la colaboración entre los principales autores que han publicado sobre la temática de la RA en educación, basado en la co-autoría, la Figura 4 indica que están conformados en cuatro clústeres. El clúster 1 (color rojo) está liderado por Rizzi, mientras que el grupo 2 (color verde) lo encabeza Charbel. Así, el clúster 3 (color azul) lo encabeza Luciano, y el clúster 4 (color amarillo) presenta la colaboración entre Banerjee, Andolfi, Kania, Plana, Shakut, Slavin y Small.

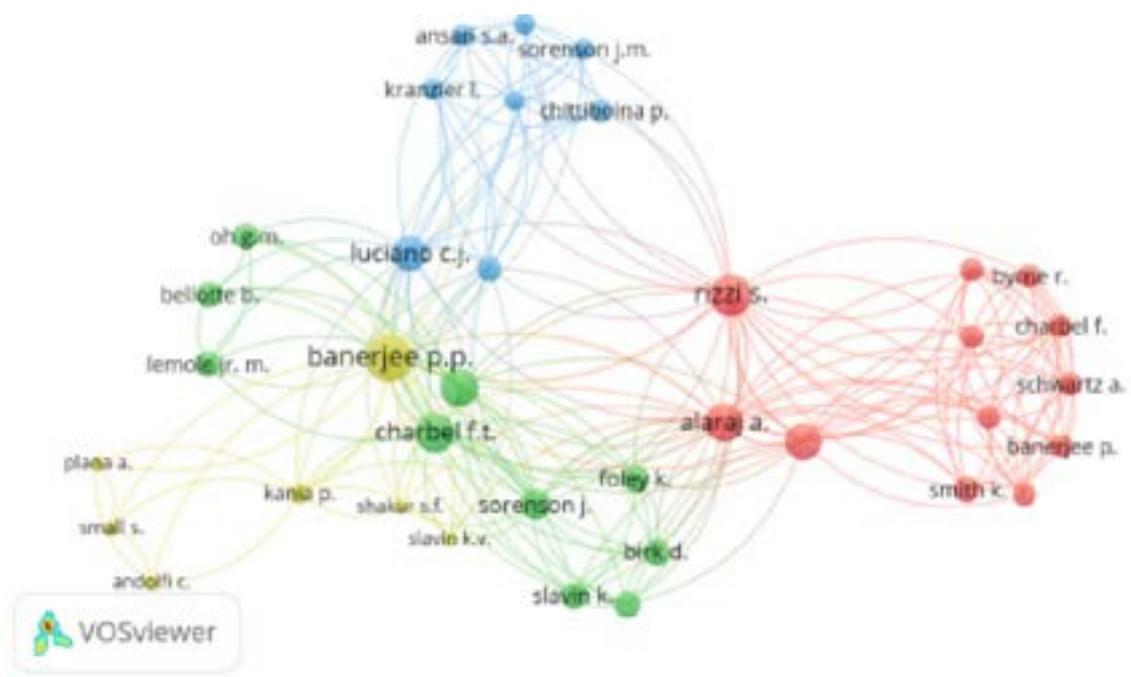


Figura 4. Red de cooperación basada en co-autoría entre países desde 2000 a 2018.  
Fuente: VOSviewer.

La Figura 5 presenta la red de palabras clave en co-ocurrencia en el período analizado, asociadas en cinco clústeres. El primer grupo (rojo) está compuesto por las palabras, en inglés, realidad aumentada, creatividad, educación, educación superior, estudiantes, gamificación, diseño, educación a distancia e inteligencia artificial, entre otras. El grupo 2 (verde) está liderado por la palabra clave: competencia clínica, junto con creativo, estudio piloto y metodología, entre otras. A continuación, el grupo 3 (azul) está conformado por robótica, procedimiento o cirujano. El grupo 4 (amarillo) está liderado por la palabra clave, humano, seguido de algoritmo o aprendizaje. Por último, el grupo 5 (violeta) está compuesto por simulación o realidad virtual.

Al analizar palabras clave (Figura 5) en este campo de investigación, se observa que los términos “augmented reality”, “human”, “creativity”, “students”, “motivation” y “technology” son los más representativos. Las investigaciones en esta temática que relacionan la tecnología con la creatividad y la motivación son las que mayor volumen de producción científica han realizado en los últimos años (Akçayır, y Akçayır, 2017; Cabero et al., 2019; Hsu et al., 2018; Kocak et al., 2019; Sánchez y Toledo, 2017).

Este resultado está relacionado con la línea de desarrollo de un modelo de clase convergente de realidad aumentada (Pi, y Lee, 2006), y revisiones sistemáticas en este campo de investigación (Ibáñez, y Delgado-Kloos, 2018; Akçayır, y Akçayır, 2017). En este contexto, las tendencias como *Flipped Classroom* (FC), aula invertida, y *Bring Your Own Device* (BYOD), trae tu propio dispositivo, posibilitan incluir distintos procesos metodológicos en el aula. Así, su fusión con la RA da lugar a cambios interesantes en el modelo de aprendizaje, especialmente en el valor que aportan. Mediante la exploración de las nuevas tecnologías, se logra abordar los retos que supone esta integración (Sánchez-García y Toledo-Morales, 2017; Abad-Segura, y González-Zamar, 2019).

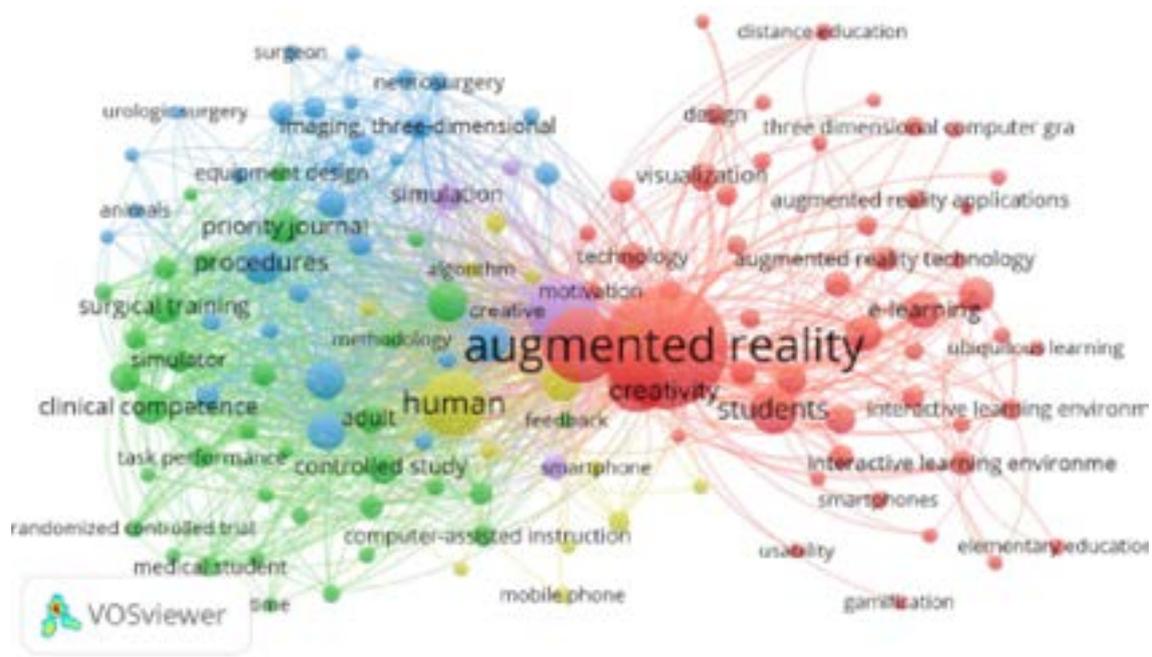


Figura 5. Red de palabras clave basada en co-ocurrencia desde 2000 a 2018.

Fuente: VOSviewer.

## 5. Conclusiones

El objetivo de este estudio fue analizar las tendencias de investigación sobre la realidad aumentada en la educación como recurso creativo durante los últimos 19 años. Se ha desarrollado un análisis bibliométrico de 1.197 artículos obtenidos de la base de datos Scopus. El número de artículos científicos por año durante el período 2000-2018 se ha incrementado, especialmente, desde 2007, mientras que en los últimos dos años se han publicado 507 artículos, que representan el 42,36% de las contribuciones sobre este tema de investigación.

En cuanto a los países que han realizado una mayor colaboración internacional en sus trabajos han sido Estados Unidos, España, Reino Unido y Taiwán. Asimismo, los principales autores que han publicado sobre la temática de la RA en educación en colaboración internacional son: Rizzi, Charbel, Luciano y Banerjee. Por otro lado, las principales palabras clave que se relacionan para registrar publicaciones con la misma línea temática son: realidad aumentada, creatividad y educación.

En consecuencia, la investigación de la RA debe continuar desarrollándose en los próximos años, y habrá nuevas y productivas líneas que exploren las distintas investigaciones. En este sentido, los investigadores de RA tienen la oportunidad de ayudar a establecer la dirección de cómo será la colaboración en el futuro. Este trabajo muestra que existe un vínculo fuerte entre autores y países, de modo que se debe invertir más trabajo en la revisión de los marcos de colaboración con la finalidad de describir, clasificar e identificar nuevas oportunidades.

Las futuras líneas de investigación sobre este tema se centrarán, entre otras, en estudiar el impacto de la RA sobre los procesos cognitivos y emocionales de los estudiantes; en el aprendizaje interactivo y aumentado para la orientación en educación superior; en la mejora y transformación de comunidades de aprendizaje global con realidad aumentada; en las relaciones entre la motivación del estudiante, la inmersión y los resultados del aprendizaje en entornos de realidad aumentada basados en la

ubicación; y, en las consideraciones de diseño para combinar la realidad aumentada con tutores virtuales.

Este campo de investigación infiere que las habilidades espaciales presentan un componente importante de la inteligencia humana, de modo que las futuras investigaciones deben dirigirse a determinar cómo se vinculan tanto la percepción espacial como la visualización espacial, las rotaciones mentales, y las orientaciones espaciales.

En este sentido, la perspectiva de incluir a la neurociencia en entornos educativos que apliquen la RA supone comprender mejor el funcionamiento del cerebro de los estudiantes. En este sentido, la aplicación de nuevos estímulos al educando demanda recursos multisensoriales, como la RA, actitudinales y sociales que interactúan con las habilidades cognitivas, con el objeto de percibir, aprehender los objetos propios de la enseñanza y establecer una ruta para consolidar lo aprendido.

## Bibliografía

ABAD-SEGURA, E., GONZÁLEZ-ZAMAR, M.-D. (2019). Análisis de las competencias en la educación superior a través de flipped classroom. *Revista Iberoamericana de Educación*, 80(2), 29–45. doi:10.35362/rie8023407

ABAD-SEGURA, E., GONZÁLEZ-ZAMAR, M.-D. (2019). Effects of Financial Education and Financial Literacy on Creative Entrepreneurship: A Worldwide Research. *Education Sciences*, 9(3), 238. doi:10.3390/educsci9030238

ACOSTA, J. L. B., NAVARRO, S. M. B., GESA, R. F., Y KINSHUK, K. (2019). Framework for designing motivational augmented reality applications in vocational education and training. *Australasian Journal of Educational Technology*, 35(3).

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:10.1016/j.edurev.2016.11.002

- AZA, E. T. (1999). *Creatividad y motricidad* (16). Barcelona, España: Inde.
- AZHAR, N. H. M., DIAH, N. M., AHMAD, S., E ISMAIL, M. (2019). Development of augmented reality to learn history. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 8(4), 1425-1432.
- BILLINGHURST, M. (2002). Augmented reality in education. *New horizons for learning*, 12(5), 1-5. doi:10.1093/obo/9780199756810-0216
- BILLINGHURST, M., Y DUENSER, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45(7), 56-63.
- BRUDNIY, A., Y DEMILHANOVA, A. (2012). The Virtual Reality in a Context of the" Mirror Stage". *International Journal of Advances in Psychology*, 1(1), 6-9.
- CABERO, J., BARROSO, J., Y LLORENTE, C. (2019). La realidad aumentada en la enseñanza universitaria. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 17(1), 105-118.
- CABERO-ALMENARA, J., Y GARCÍA, F. (2016). *Realidad aumentada. Tecnología para la formación*, Madrid, España: Síntesis.
- CARMIGNIANI, J., Y FURHT, B. (2011). Augmented reality: an overview. *En Handbook of augmented reality* (pp. 3-46). Springer, New York, NY. doi:10.1007/s11042-010-0660-6
- CHANDRASEKERA, T., Y YOON, S. Y. (2018). Augmented Reality, Virtual Reality and Their Effect on Learning Style in the Creative Design Process. *Design and Technology Education*, 23(1), n1.
- CHIANG, T. H. C., YANG, S. J., Y HWANG, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Educational Technology y Society*, 17(4), 352-365.

DEL GIUDICE, M. (2017). Pink, blue, and gender: An update. *Archives of sexual behavior*, 46(6), 1555-1563.

DEWEY, J. (1934). *Art as experience*. New York, Estados Unidos: Perigree Books.

DI SERIO, Á., IBÁÑEZ, M. B., Y KLOOS, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers y Education*, 68, 586-596.

DURIEUX, V. Y GEVENOIS, P.A. (2010). Bibliometric indicators: Quality measurements of scientific publication 1. *Radiology*, 255, 342-351.

EISNER, E. (2002). *The arts and the creation of mind*. New Haven, Connecticut, Estados Unidos: Yale University Press.

FAUZI, AFAA, ALI, K. N., Y AMIRUDIN, R. (2019). Evaluating students readiness, expectancy, acceptance and effectiveness of augmented reality based construction technology education. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 6(1), 7-13.

GARCÍA, C. E. F. (2017). Neuroeducación en entornos de realidad aumentada. *Temática Psicológica*, 13(1), 43-50.

GARDNER, H. (2001). *La inteligencia reformulada: las inteligencias múltiples en el siglo XXI* (No. 159.955 G171i Ej. 1 020338). Barcelona, España: Paidós.

GRIGORENKO, E. L. (2019). Creativity in Digital Reality/Creatividad en la realidad digital. *Estudios de Psicología*, 1-23.

HEILIG, J., COLE, H. Y AGUILAR, A. (2010). De Dewey to No Child Left Behind: The evolution and devolution of public arts education. *Arts Education Policy Review*, 111(4), 136-145.

HEIN, D. W., Y RAUSCHNABEL, P. A. (2016). Augmented reality smart glasses and knowledge management: A conceptual framework for enterprise social networks. *En Enterprise social networks* (pp. 83-109). Wiesbaden, Germany: Springer Gabler.

HSU, H. P., WENTING, Z., Y HUGHES, J. E. (2018). Developing elementary students' digital literacy through augmented reality creation: Insights from a longitudinal analysis of questionnaires, interviews, and projects. *Journal of Educational Computing Research*, 57(6), 1400-1435.

IBÁÑEZ, M. B., Y DELGADO-KLOOS, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers y Education*, 123, 109-123.

KAJI, S., KOLIVAND, H., MADANI, R., SALEHINIA, M., Y SHAFARIE, M. (2018). Augmented reality in smart cities: applications and limitations. *Journal of Engineering Technology*, 6(1), 28-45.

KALAWSKY, R. S. (1999). VRUSE—a computerised diagnostic tool: for usability evaluation of virtual/synthetic environment systems. *Applied ergonomics*, 30(1), 11-25.

KESIM, M., Y OZARSLAN, Y. (2012). Augmented reality in education: current technologies and the potential for education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 47, 297-302.

KLIMENKO, O. (2008). La creatividad como un desafío para la educación del siglo XXI. *Educación y educadores*, 11(2), 191-210

KOÇAK, Ö., YILMAZ, R. M., KÜÇÜK, S., Y GÖKTA , Y. (2019). The Educational Potential of Augmented Reality Technology: Experiences of Instructional Designers and Practitioners. *Journal of Education and Future*, (15), 17-36.

LEE, K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56(2), 13-21. doi:10.1007/s11528-012-0559-3

LESKI, K. (2015). *The Storm of Creativity*, Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos: The MIT Press.

LOWENFELD, V. (1961). *Desarrollo de la capacidad creadora*. Buenos Aires, Argentina: Kapelusz.

LYTRIDIS, C., Y TSINAKOS, A. (2018). Evaluation of the ARTutor augmented reality educational platform in tertiary education. *Smart Learning Environments*, 5(1), 6.

MENCHÉN, F. (2001). *Descubrir la creatividad. Desaprender para volver a aprender*. Madrid, España: Ediciones Pirámide.

NASCIMBENI, F. (2015). The increased complexity of Higher Education collaboration in times of Open Education. *Campus virtuales*, 3(1), 102-108.

PERIANES-RODRIGUEZ, A., WALTMAN, L., Y VAN ECK, N. J. (2016). Constructing bibliometric networks: A comparison between full and fractional counting. *Journal of Informetrics*, 10(4), 1178-1195.

PHILLIPS, D. C. (1995). The good, the bad, and the ugly: The many faces of constructivism. *Educational researcher*, 24(7), 5-12.

PI, S. Y., Y LEE, M. S. (2016). Developing a Convergent Class Model of Augmented Reality and Art. *Journal of digital Convergence*, 14(5), 85-93.

PRITCHARD, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of documentation*, 25(4), 348-349.

QUAY, J. (2003). Experience and participation: Relating theories of learning. *Journal of Experiential Education*, 26(2), 105-112.

RADOSAVLJEVIC, S., RADOSAVLJEVIC, V., Y GRGUROVIC, B. (2018). The potential of implementing augmented reality into vocational higher education through mobile learning. *Interactive Learning Environments*, 1-15.

RADU, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.

ROBINSON, K. (2015). *Escuelas creativas*, Barcelona, España: Ed. Grijalbo.

ROGERS, C. R., Y FREIBERG, H. J. (1996). *Libertad y creatividad en la educación*. Barcelona, España: Paidós Ibérica.

SÁNCHEZ-GARCÍA, J. M., Y TOLEDO-MORALES, P. (2017). Tecnologías convergentes para la enseñanza: Realidad Aumentada, BYOD, Flipped Classroom. *Revista de Educación a Distancia*, (55).

SQUIRES, D. R. (2019). Immersive Learning Experiences: Technology Enhanced Instruction, Adaptive Learning, Augmented Reality, and M-Learning in Informal Learning Environments. *i-Manager's Journal of Educational Technology*, 15(4), 17.

SU, C. H. (2019). The Effect of Users' Behavioral Intention on Gamification Augmented Reality in STEM (GAR-STEM) Education. *Journal of Baltic Science Education*, 18(3).

SUTHERLAND, I. (1965). *The ultimate display*. Recuperado de: <http://worrydream.com/refs/Sutherland%20-%20The%20Ultimate%20Display.pdf>

TOURIÑÁN-LÓPEZ, J. M. (2011). Claves para aproximarse a la educación artística en el sistema educativo: educación "por" las artes y educación "para" un arte. *Estudios sobre educación*, 21, 61-81

VAN ECK, N., Y WALTMAN, L. (2009). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538.

Waltman, L., Van Eck, N. J., y Noyons, E. C. (2010). A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, 4(4), 629-635.

WEI, X., WENG, D., LIU, Y., Y WANG, Y. (2015). Teaching based on augmented reality for a technical creative design course. *Computers y Education*, 81, 221-234.

WINNER, E., HETLAND, L., VEENEMA, S., SHERIDAN, K., PALMER, P., Y LOCHER, I. (2006). Studio thinking: How visual arts teaching can promote disciplined habits of mind. *New directions in aesthetics, creativity, and the arts*, 189-205.

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 y education*, 62, 41-49.

YILMAZ, R. M., Y GOKTAS, Y. (2017). Using augmented reality technology in storytelling activities: examining elementary students' narrative skill and creativity. *Virtual Reality*, 21(2), 75-89.

YULIONO, T., Y RINTAYATI, P. (2018). The promising roles of augmented reality in educational setting: A review of the literature. *International Journal of Educational Methodology*, 4(3), 125-132.

ZÜND, F., RYFFEL, M., MAGNENAT, S., MARRA, A., NITTI, M., KAPADIA, M., Y SUMNER, R. W. (2015). Augmented creativity: bridging the real and virtual worlds to enhance creative play. *En SIGGRAPH Asia 2015 Mobile Graphics and Interactive Applications* (p. 21). ACM.