



Julio Cabero Almenara¹ y
Julio Barroso Osuna²

Ecosistema de aprendizaje con «realidad aumentada»: posibilidades educativas

Sumario

1. Aspectos introductorios
2. Posibles usos educativos
3. Basándonos en teorías educativas para su incorporación
4. Reflexiones finales
5. Bibliografía

Extracto:

Cuando hablamos de «realidad aumentada» (RA), podemos decir que nos encontramos ante una tecnología emergente que está adquiriendo un gran impulso en el terreno educativo. La tecnología de la RA nos ofrece diferentes posibilidades para desplazarnos a contextos de formación fuera de los escenarios tradicionales, interactuar en tiempo real con la realidad, visualizar fenómenos no perceptibles y comparar un objeto o fenómeno desde diferentes perspectivas. Estos aspectos están provocando que en los últimos cuatro años el número de artículos publicados en el campo de la educación haya aumentado progresivamente. Pero desde nuestro punto de vista, cuando nos referimos a su penetración en el terreno educativo, si no reflexionamos sobre los modelos y paradigmas educativos y teorías educativas y psicológicas que deben dar cobertura a esta tecnología, así como sobre el papel que los docentes y discentes deben jugar con las mismas, nos podemos encontrar con un caso similar al de otras tecnologías que se presentaron como el futuro y no llegaron al presente. Es en torno a estos aspectos sobre lo que reflexionaremos en el presente artículo.

Fecha de entrada: 24-06-2016
Fecha de aceptación: 15-07-2016

Palabras claves: realidad aumentada (RA), integración curricular, tecnologías emergentes.

¹ J. Cabero Almenara, catedrático de la Universidad de Sevilla.

² J. Barroso Osuna, profesor titular de la Universidad de Sevilla.

El artículo se basa en un proyecto de investigación I+D financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España denominado «Realidad aumentada para aumentar la formación. Diseño, producción y evaluación de programas de realidad aumentada para la formación universitaria» (EDU-5746-P-Proyecto RAFODIUM). <http://intra.sav.us.es/proyectorafodiun/index.php> <https://plus.google.com/u/0/communities/102143147822806126247>

Ecosystem of learning with «augmented reality»: educational possibilities

Abstract:

When we speak about «augmented reality» (AR), we can say that we are in front of an emergent technology that is acquiring a great impulse in the educational area. The technology of the AR offers us different possibilities to move to contexts of formation out of the traditional scenes of the formation, to interact real time with the reality, to visualize not perceptible phenomena, to compare an object or phenomenon from different perspectives. These aspects are doing that in the last four years the number of published article in the field of the education has increased progressively. But from our point of view when we refer to his penetration in the educational area, if we do not think about the models and educational paradigms and educational and psychological theories that must give coverage, as well as the role that the teachers and student must play with the same ones, we can see it has happened with other technologies that presented as the future and did not come to the present. They are on these aspects about which we want to think in the present article.

Keywords: augmented reality (AR), curricular integration, emergent technologies.



1. ASPECTOS INTRODUCTORIOS

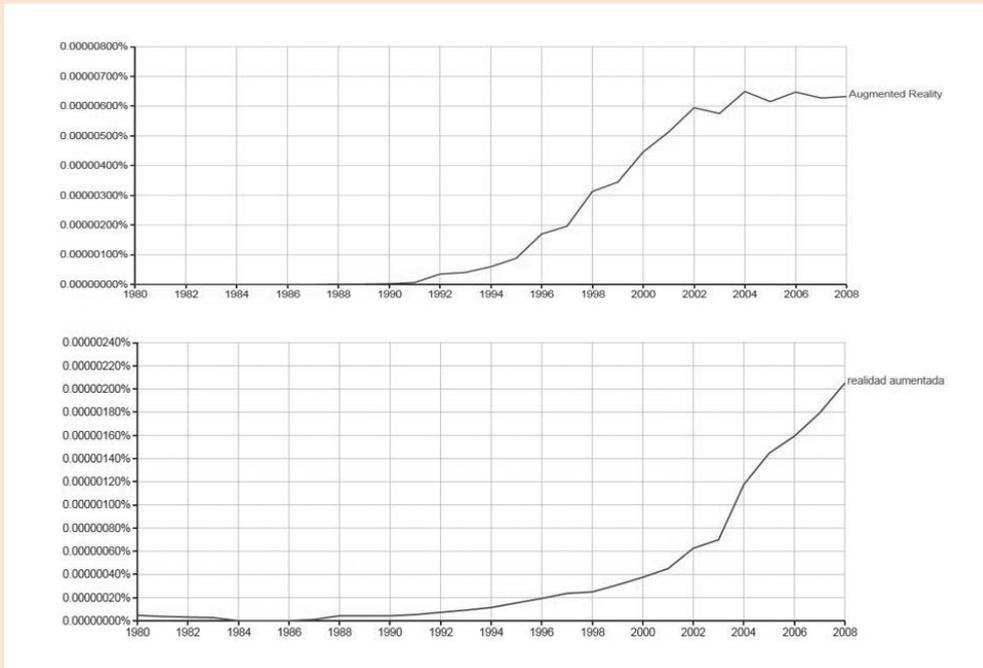
La RA es una tecnología que permite la «combinación de información digital e información física en tiempo real a través de diferentes dispositivos tecnológicos; es decir, consiste en utilizar un conjunto de dispositivos tecnológicos que añaden información virtual a la información física» (Cabero y Barroso, 2016, pág. 46). Se trata de una tecnología que permite agregar un objeto irreal a un contexto real.

Esta tecnología presenta una serie de características distintivas: nos ofrece una realidad mixta que facilita la integración coherente en tiempo real de objetos virtuales, es interactiva, combina información virtual de diferente tipología (texto, URL, vídeo, audio y objetos en 3D) y persigue alterar o enriquecer la realidad física (Cabero y García, 2016).

Un aspecto importante de esta tecnología es que se está acercando con mucha fuerza a las instituciones educativas, independientemente de su nivel de desarrollo, como podemos observar en diferentes *Informes Horizonte* (Johnson *et al.*, 2013 y 2016) o en los *Reporte EduTrend* del Observatorio del Tecnológico de Monterrey (Tecnológico de Monterrey, 2015), que la sitúan como una tecnología de penetración en las estancias educativas en un periodo de tres a cinco años.

Por otra parte, esta significación la podemos también observar al utilizar la herramienta Ngram Viewer de Google, que nos ofrece la evolución de ciertos términos en los documentos que la citada institución ha digitalizado. En la figura 1, el lector puede observar la evolución de las publicaciones que incorporaron los términos «AR» o «RA» desde 1980 a 2008.

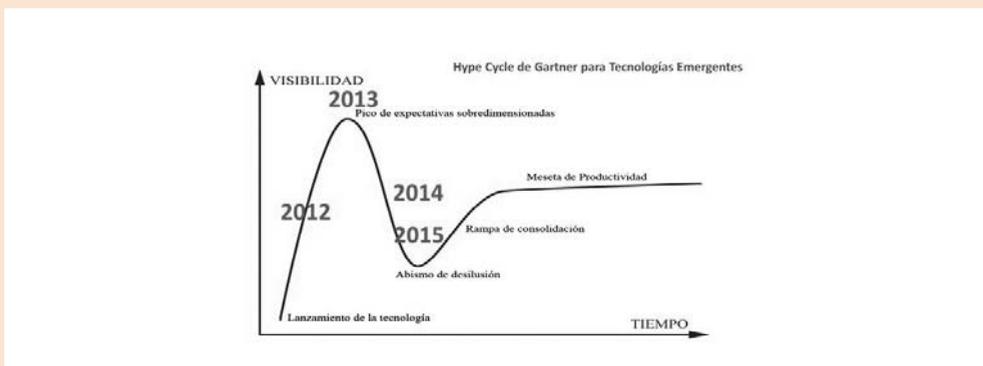
Figura 1. Evolución de los términos «AR» o «RA» según el programa Ngram Viewer de Google



Fuente: datos obtenidos de Google Books Ngram Viewer.

La institución Gartner (<http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217>) ha realizado una serie de estudios en los que se observa la evolución que ha experimentado la RA. Por una parte, como se puede apreciar en la figura 2, se ve su evolución, por tanto, su no desaparición, y, por otra parte, su desplazamiento hacia la rampa de consolidación.

Figura 2. Evolución de la RA en diferentes *hype cycle* de Gartner



Fuente: adaptación (traducción) del *hype cycle* de Gartner.

Otro argumento para dejar constancia de esta expansión nos lo encontramos en el trabajo de Bacca *et al.* (2014), quienes, tras realizar un metaanálisis sobre las publicaciones de las Journal Citation Report (JCR) vinculadas con la tecnología educativa, y en los artículos relacionados con la RA, han llegado a la conclusión de que el número de estudios publicados que acercan la RA a la educación ha aumentado progresivamente durante los últimos cuatro años.

Por último, podemos señalar que la presencia que está adquiriendo esta tecnología es reforzada por el aumento imparable, tanto en calidad como en acceso, que los dispositivos móviles y los *smartphones* disfrutan en la actualidad.

Ahora bien, desde nuestro punto de vista, cuando nos referimos a su penetración en el terreno educativo, si no reflexionamos sobre los modelos, paradigmas educativos, teorías educativas y psicológicas que deben dar cobertura a esta tecnología, así como sobre el papel que los docentes y discentes deben jugar con las mismas, nos podemos encontrar con un caso similar al



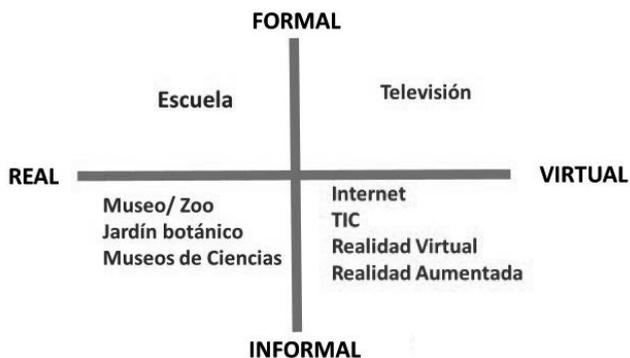
de otras tecnologías que se presentaron como el futuro y no llegaron al presente. Y es en torno a estos aspectos sobre lo que reflexionaremos en el presente artículo.

2. POSIBLES USOS EDUCATIVOS

La tecnología de la RA nos ofrece diferentes posibilidades para desplazarnos a contextos de formación fuera de los escenarios tradicionales, interactuar en tiempo real con la realidad, visualizar fenómenos no perceptibles o contrastar un fenómeno u objeto desde diferentes perspectivas.

Comencemos nuestras reflexiones sobre los posibles usos que podemos hacer de la RA en la clasificación y reflexión que realiza Salmi (2012), apoyándose en el trabajo de Hawkey (2002), en la que ubica la RA en las experiencias formativas que las personas podemos realizar en los contextos informales y virtuales (véase figura 3).

Figura 3. Ubicación de la RA de acuerdo con Salmi



Fuente: Hawkey (2002) y Salmi (2012).

Hablar de los posibles usos de la RA en la educación supone adentrarnos en la posibilidad de que sea utilizada para diferentes orientaciones y con ello crear nuevos ecosistemas de aprendizaje. Orientaciones que, siguiendo a autores como Wu *et al.* (2013); Cubillo *et al.* (2014); Jeřábek, Rambousek y Wildová (2014); Han *et al.* (2015); Cabero y Barroso (2016), y Cabero y García (2016), podemos concretar en las siguientes:

- Eliminación de cierta información del campo de percepción e interacción del usuario.
- Aumento de la información disponible para el usuario en un contexto determinado.
- Interacción con los objetos para su observación desde diferentes perspectivas y puntos de vista.
- Creación de escenarios «artificiales», seguros para la formación.
- Enriquecimiento de los apuntes y materiales impresos para los estudiantes.
- Producción de objetos por los alumnos, prosumidores de objetos en RA.

Una de las posibilidades educativas que nos ofrece la RA es la de poder modificar la información con la cual pueden o deben trabajar los estudiantes, bien reduciendo la información de la realidad a los elementos más significativos y elementales, con los cuales debe trabajar el estudiante para facilitar la comprensión del fenómeno o concepto que se desea que aprendan y evitar de esta forma su desbordamiento cognitivo; o, por otra parte, añadir información mediante la RA a la realidad para facilitar su aprendizaje profundo y la captura de la información significativa.

(...) si no reflexionamos sobre los modelos, paradigmas educativos, teorías educativas y psicológicas que deben dar cobertura a esta tecnología, así como sobre el papel que los docentes y discentes deben jugar con las mismas, nos podemos encontrar con un caso similar al de otras tecnologías que se presentaron como el futuro y no llegaron al presente



Desde nuestro punto de vista, la coexistencia de los objetos virtuales y entornos reales va a permitir a los alumnos tener experiencias formativas con fenómenos y objetos que no son posibles en el mundo real, como puede ser el referirnos a escenarios ya no existentes en los momentos actuales, o la revisión de los diferentes momentos temporales por los que pasa un objeto. Como nos describen Cubillo *et al.* (2014) en la investigación que realizan, la RA permite a los alumnos la observación de experimentos o fenómenos que ocurren, tras un largo periodo de tiempo (meses, años, décadas, etc.), en segundos, como, por ejemplo, las leyes de Mendel, aunque también permite el caso contrario, facilitando la observación de aquello que transcurre en un instante.

En la página web de la RA del Secretariado de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías de la Universidad de Sevilla (<http://ra.sav.us.es/>), en su apartado «Recursos RA», y en la página web del proyecto RAFODIUN (<http://intra.sav.us.es/proyectorafodiun/>), en su apartado «Objetos en RA», pueden observarse diferentes recursos producidos en las dos orientaciones anteriores, como, por ejemplo, las experiencias sobre capiteles, donde se le ofrece al alumno información adicional para la comprensión de su estructura, el mapa interactivo sobre los Jardines del Monasterio de la Cartuja de Sevilla, o el objeto «Elefante», donde se crea un entorno específico que lleva al estudiante a que únicamente se centre en los aspectos relevantes para la comprensión de la estructura musical.

Si hay una característica significativa en la RA es que facilita la interacción del alumno con los objetos: permite que los objetos sean observados desde diferentes perspectivas y posiciones, y ofrece diferentes capas de información, de manera que se facilita su comprensión por parte del alumno desde distintas perspectivas y puntos de vista. En los sitios web anteriormente mencionados hay múltiples ejemplos, sobre todo relacionados con el campo de la medicina, donde los alumnos pueden modificar el punto de vista, rotar y ampliar diferentes huesos y órganos del cuerpo humano para observarlos desde diversas perspectivas y observar los detalles con detenimiento.

Estas posibilidades interactivas facilitan que los alumnos visualicen las relaciones espaciales complejas y los conceptos abstractos, como ocurre con las experiencias que se han desarrollado en el campo del dibujo y la geometría (De Pedro, 2011; Horii y Miyajima, 2013). Como señalan De la Torre *et al.* (2013), estas tecnologías hacen posible que, en muchos ámbitos de la formación, donde los estudiantes necesitan imaginar objetos en diferentes orientaciones, manipular modelos tridimensionales, trasladar mentalmente dibujos de dos a tres dimensiones, etc., los alumnos desarrollen las habilidades y las capacidades necesarias para tener éxito en los contenidos docentes impuestos en carreras técnicas (ingeniería, arquitectura y construcción) y en titulaciones del ámbito científico y artístico.

Como señalan Han *et al.* (2015), su aplicación permite mejorar la comprensión de los alumnos respecto a los objetos y situaciones complejas mediante la presentación de una variedad de puntos de vista, propiciando al mismo tiempo la creación de un entorno activo, donde el estudiante debe invertir un esfuerzo específico para su comprensión.

Si hay una característica significativa

en la RA es que facilita la interacción del alumno con los objetos: permite que los objetos sean observados desde diferentes perspectivas y posiciones, y ofrece diferentes capas de información, de manera que se facilita su comprensión por parte del alumno desde distintas perspectivas y puntos de vista

(...) la RA nos está aportando la posibilidad de diseñar los materiales impresos de forma enriquecida

El uso de la RA nos ofrece la posibilidad de crear escenarios simulados que faciliten tanto la orientación para la adquisición exitosa de objetivos procedimentales, como la seguridad de los participantes en la realización de experimentos. En este último aspecto, la aplicación de esta tecnología favorece la posibilidad de sustituir parte de la formación en el taller por un entorno atractivo y seguro para los estudiantes, eliminando los riesgos físicos asociados, como quemaduras, daños oculares o envenenamiento por gases, sin olvidarnos de la reducción de los tiempos de formación, al no necesitar realizar inversiones en la preparación de los ensayos. Utilización que, como señalan Akçayır *et al.* (2016), ofrece resultados significativos cuando se ha empleado con estudiantes universitarios en laboratorios de ciencias.

En su aplicación en el terreno educativo, la RA nos está aportando la posibilidad de diseñar los materiales impresos de forma enriquecida, de manera que podamos incorporar a estos materiales diferentes recursos (páginas web, clip de videos, explicaciones adicionales sobre imágenes, traslado a sitios web específicos para la realización de experimentos en simuladores, etc.) que permitan al estudiante disponer de información complementaria y en diferentes sistemas simbólicos para trabajar cognitivamente con los contenidos ofrecidos. En este sentido las experiencias que se están desarrollando en la construcción de libros con RA (Dünser *et al.*, 2012; Lin *et al.*, 2013; Gazcón, 2015; Mehmet, 2016) propician acciones educativas exitosas y mejoran la motivación de los estudiantes. Al mismo tiempo, y como señalan Altinpulluk y Kesim (2016), podemos indicar que su número va en un aumento progresivo.

En el proyecto RAFODIUN, hemos diseñado diversos temas bajo la modalidad de apuntes enriquecidos; el lector interesado puede observar dos ejemplos en el apartado de «Objetos en RA» (<http://intra.sav.us.es/projectorafodiun/index.php/objetos-en-ra>), como son los casos del de diseño y vídeo.

Pero la utilización de esta tecnología no se agota en la incorporación de objetos producidos por otras personas, profesores o técnicos, para que sean movilizados en la práctica educativa por los estudiantes –es decir, en la percepción del alumno como consumidor–, sino que también ofrece la posibilidad de que el estudiante se convierta en productor de mensajes en RA –es decir, que adquiera el papel de pro consumidor–. En este sentido se pretende que los alumnos se conviertan en productores de objetos en RA, mediante la utilización de algunos programas para los que no es necesario tener conocimientos de programación (Augment, Aurasma, Layar, Aumentaty, etc.). El uso de la RA bajo esta estrategia implica que nos movamos dentro de una perspectiva constructivista, donde el docente se convierte en un facilitador del aprendizaje y se aleja de la función de transmisor de información, y que al mismo tiempo se procure alcanzar la última categoría de la «taxonomía de Bloom para la era digital» (Churches, 2009), que se refiere a «crear», cuando se pone al alumno en condiciones formativas para que diseñe, construya, planee, produzca, idee, trace o elabore.



(...) la utilización de esta tecnología no se agota en la incorporación de objetos producidos por otras personas, profesores o técnicos (...), sino que también ofrece la posibilidad de que el estudiante se convierta en productor de mensajes en RA

Dentro del proyecto RAFODIUN (<http://intra.sav.us.es/projectorafodiun/>), uno de los objetivos que se persigue consiste en «conocer las posibilidades educativas que permiten que el alumno se convierta en productor de experiencias formativas apoyadas en RA»; y al respecto, ya hemos finalizado la experiencia que hemos realizado con alumnos del grado de Magisterio en las Universidades de Sevilla y Córdoba, y aunque nos encontramos en la fase de análisis de los datos, podemos decir que las expectativas son las de haber creado una acción que despierta altos niveles de satisfacción y motivación en los estudiantes, percibiendo los alumnos esta tecnología con verdadero interés para su incorporación a la práctica educativa.

Al analizar sus posibles usos educativos no podemos olvidarnos de que su incorporación se está llevando a cabo en la gran mayoría de las disciplinas. Existen ejemplos de aplicación en diferentes campos, como, por ejemplo, en ingeniería (De la Torre *et al.*, 2013), en arquitectura (Carozza *et al.*, 2012; Redondo *et al.*, 2012; De la Torre *et al.*, 2013), en urbanismo (Carozza *et al.*, 2014), en medicina (Pérez-López y Contero, 2013; Barba, Yasaca y Manosalvas, 2015; Jamali *et al.*, 2015), en dibujo (Jamali *et al.*, 2015), en matemáticas y geometría (Avendaño, Chao y Mercado, 2012; De Pedro y Méndez, 2012; Bujak *et al.*, 2013; Coimbra, Cardoso y Mateus, 2015), en arte e historia (Ruiz, 2011), en turismo (Kyselaa y Štorková, 2014), en aprendizaje de idiomas (Tsai *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2016), en diseño (Ko *et al.*, 2011), en ciencias naturales (Fracchia *et al.*, 2015), en química y física (Pasaréti *et al.*, 2011; Lin *et al.*, 2013) y en geografía (Tsai, Liu y Yau, 2013).

Al mismo tiempo también podríamos decir que su utilización se está llevando a cabo en todos los niveles educativos (Bongiovani, 2013; Prendes, 2015; Liu, 2009; Pasaréti *et al.*, 2011; Avendaño, Chao y Mercado, 2012; De Pedro Carracedo y Méndez, 2012; Bressler y Bodzin, 2013; De la Torre *et al.*, 2013; Di Serio, Ibáñez y Delgado, 2013; Kamarainen *et al.*, 2013; Leiva y Moreno, 2015), aunque, sin lugar a dudas, es en los entornos universitarios en los cuales se está alcanzando una mayor penetración (Redondo *et al.*, 2012; Lin *et al.*, 2013; Pei-Hsun y Ming-Kuan, 2013; Rodríguez, 2013; Fonseca, Redondo y Valls, 2016; Leiva y Moreno, 2015; Santos *et al.*, 2016; Johnson *et al.*, 2016).

Reconociendo que hay una falta de investigación sobre las posibilidades y efectos de la RA cuando se aplican al terreno educativo, aspecto al que aludiremos al final del artículo, creemos que sí podríamos hacernos una pregunta, referida a qué aportaciones y hallazgos se han encontrado en las investigaciones realizadas desde el terreno educativo.

Una de las coincidencias entre los diferentes estudios es que los estudiantes, cuando participan en este tipo de experiencias, alcanzan un alto grado de satisfacción y motivación hacia los estudios que están desarrollando, y, ello, independientemente de la asignatura que cursen, como podemos observar en los trabajos realizados por Fonseca, Redondo y Valls (2016), en arquitectura; por Barba, Yasaca y Manosalvas (2015), Jamali *et al.* (2015) y Cabero, García y Barroso (2016), en medicina; por Pérez-López (2015), con contenidos de ciencias naturales desarrollados para alumnos de primaria; y por Coimbra, Cardoso y Mateus (2015), en el trabajo con contenidos de matemáticas.



(...) hay una falta de investigación sobre las posibilidades y efectos de la RA cuando se aplican al terreno educativo

Una línea de investigación que no se ha desarrollado mucho con estos objetos tecnológicos para el aprendizaje es si facilitan a los alumnos la adquisición de información y conocimiento. En este sentido contamos con pocos estudios al respecto (Souza-Concilio y Pacheco, 2013; Fonseca, Redondo y Valls, 2016), aunque tenemos que apuntar que los realizados señalan que los estudiantes que utilizan la RA aumentan sus resultados académicos y su implicación en la asignatura. La escasez de estudios en esta dirección es lo que nos ha llevado a que uno de los objetivos del proyecto RAFODIUN sea diseñar y producir distintos contenidos en formato RA para aplicarlos en contextos de formación universitaria en distintas áreas curriculares y evaluar sus posibilidades de cara al rendimiento de los alumnos; pero, por el momento, no podemos ofrecer conclusiones de las partes experimentales realizadas.

Una línea amplia de investigación se ha centrado en analizar el uso educativo de la RA a través del *technology acceptance model* (TAM), formulado inicialmente por Davis (1989). Modelo que sugiere que la actitud hacia el uso de un sistema tecnológico de información, en nuestro caso la RA, está basada en dos variables previas: la utilidad percibida (*perceived usefulness*) que la misma tenga para el sujeto y la facilidad de uso percibida (*perceived ease of use*) por parte del usuario hacia dicha tecnología, y que todo ello determina la intención de uso de la misma por el sujeto. También hay que indicar que las diferentes investigaciones realizadas ponen claramente de manifiesto que los alumnos muestran altos niveles de utilidad percibida, la perciben como una tecnología fácil de integrar, poseen una actitud significativa para su incorporación y muestran un alto nivel de intención de uso (Sun y Cheng, 2009; Wojciechowski y Cellary, 2013; Kim, Hwang y Zo, 2016).

Una vez realizados estos comentarios pasaremos a presentar algunas de las teorías y modelos educativos en los cuales creemos que podemos apoyar la incorporación de la RA a la práctica educativa.

3. BASÁNDONOS EN TEORÍAS EDUCATIVAS PARA SU INCORPORACIÓN

Nuestros primeros comentarios quieren ir en diferentes direcciones. Por una parte, si no queremos que la RA se incorpore a la educación de una manera tangencial y como un instrumento más que hay que incluir en las instituciones educativas, la decisión de su integración debemos hacerla apoyándonos en teorías educativas y psicológicas, y por otra, desgraciadamente, las incorporaciones que se están llevando a cabo se efectúan más apoyándose en sus potencialidades tecnológicas para crear escenarios virtuales enriquecidos que en principios educativos. Dicho de otra manera: está existiendo un fuerte desarrollo de la RA desde las perspectivas técnica y tecnológica, pero para su incorporación en la enseñanza necesitamos tener bases teóricas pedagógicas en las cuales apoyar su utilización e inserción educativa.

No estaría mal comenzar indicando que estamos de acuerdo con las propuestas de diferentes autores que han señalado con claridad que la incorporación de la RA a las acciones educativas no puede venir apoyada en un paradigma y en una teoría educativa única, sino más bien en una mezcla de enfoques y teorías pedagógicas (Dunleavy, Dede y Mitchell, 2009; Rasimah, Ahmad y Zaman, 2011; Tarny y Ou, 2012; Bower *et al.*, 2014). Más concretamente, diferentes autores nos llaman la atención respecto a que uno de los mayores impedimentos para la integración efectiva de esta tecnología por parte de los profesores es la falta de un marco conceptual para su incorporación a la enseñanza (Rasimah, Ahmad y Zaman, 2011; Bower *et al.*, 2014).

Y desde esta perspectiva, los marcos que creemos que pueden dar cobertura teórica, sin que ello suponga que sean los únicos, a la incorporación de la RA a los escenarios educativos son los

(...) si no queremos que la RA se incorpore a la educación de una manera tangencial y como un instrumento más que hay que incluir en las instituciones educativas, la decisión de su integración debemos hacerla apoyándonos en teorías educativas y psicológicas



siguientes: la perspectiva constructivista, el aprendizaje situado, la teoría de la disonancia cognitiva, la teoría de la variación, el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje basado en juegos, el aprendizaje basado en el diseño, el aprendizaje en el puesto de trabajo y el aprendizaje basado en las actividades.

De todas formas, como señalan Wu *et al.* (2013), las diferentes perspectivas se podrán aglutinar alrededor de tres grandes bloques, según hagan hincapié en los «roles», «lugares» o en la realización de «tareas».

Todas estas teorías nos llevan a señalar una serie de elementos significativos para que se llegue a producir el aprendizaje de manera significativa en los estudiantes:

- El aprendizaje se fortalece cuando el estudiante se convierte en un agente significativo y determinante en su proceso formativo.
- La manipulación e interacción de los objetos de aprendizaje por parte del sujeto facilita su captura y aprendizaje. De esta manera se construye un entorno que anima a los estudiantes a participar profunda y activamente con las tareas que hay que realizar, así como al estudio de la información que se presenta a través de diferentes recursos.

(...) si queremos que sea eficaz y propicie entornos educativos de calidad, es muy importante que el docente asuma que toda experiencia de RA realizada en el aula debe insertarse dentro de un proyecto educativo

- Al poner al alumno en situaciones de construcción de objetos de aprendizaje en formato realidad aumentada, se favorece la puesta en acción de la metodología por proyectos y se potencia el aprendizaje colaborativo.
- Las situaciones enriquecedoras del aprendizaje son aquellas que ponen al estudiante en una situación en la que tiene que experimentar o analizar para cambiar su concepción inicial sobre los conceptos y fenómenos.
- Cuando la persona se encuentra en una situación de conflicto cognitivo de tipo procesual, actitudinal o cognitivo utiliza motivaciones fuertes para resolverlo; motivaciones que pueden venirle por objetos o medios en diferentes soportes que le permitan experimentar, o que le ofrezcan diferentes perspectivas, posicionamiento o puntos de vistas adicionales sobre el aspecto analizado.
- La realización de actividades sobre un objeto facilita su captura e interpretación cognitiva. Actividades que propician la investigación del alumno sobre los contextos reales.
- El acceder a un objeto desde múltiples perspectivas favorece la construcción de significados para el estudiante.
- La aportación de información adicional sobre los contextos reales propicia la creación de un entorno enriquecido tecnológicamente que facilita la realización de trabajo de campo y la ejecución de actividades prácticas en el mismo por parte de los estudiantes. Al mismo tiempo, favorece la contextualización de toda la información ofrecida y, por tanto, la organización cognitiva por parte del estudiante.

- La realización de actividades en el mundo real favorece la contextualización de la información para el alumno y el acercamiento de las instituciones educativas al mundo real.
- La combinación de los datos virtuales con los del mundo real favorece la creación de un entorno multimedia que puede ser de gran ayuda para atender a las diferentes preferencias cognitivas que los sujetos poseen a la hora de interactuar con la realidad.
- La creación de entornos enriquecidos con la RA favorece la creación de entornos laborales simulados, propiciando el acercamiento de los alumnos a los futuros contextos laborales, su interacción y desenvolvimiento en los mismos con los máximos principios de seguridad, aislando los elementos innecesarios que puedan distraerles para la comprensión de los elementos relevantes del contexto.
- Colocar a los estudiantes en un ambiente inmersivo mediante la creación de una narrativa digital siguiendo la teoría de los videojuegos, donde el sujeto adquiera conceptos específicos, por ejemplo, sobre el medio ambiente o sobre contextos históricos o arquitectónicos, que posteriormente puedan ser transferidos al mundo real o académico.

En síntesis, y antes de pasar al último apartado de nuestro proyecto, si queremos que sea eficaz y propicie entornos educativos de calidad, es muy importante que el docente asuma que toda experiencia de RA realizada en el aula debe insertarse dentro de un proyecto educativo.



4. REFLEXIONES FINALES

No es falta de tecnología. Uno de los principales problemas para la incorporación de la RA en el aula es la falta de capacitación por parte del profesorado (Billinghurst y Duenser, 2012). Los profesores por lo general señalan que no tienen competencias tecnológicas para su incorporación ni para la producción de dichos materiales (Bower *et al.*, 2014).

Necesidad de investigación (Bower *et al.*, 2014). En el metaanálisis de investigaciones realizado por Bacca *et al.* (2014), se apuntan algunas conclusiones de las realizadas: las ciencias y las humanidades son los campos de la educación donde la RA se ha aplicado más; los campos donde menos se ha aplicado son los de la salud, la formación de docentes y la agricultura; las investigaciones se han llevado a cabo fundamentalmente en los niveles de educación superior; la RA basada en marcadores es el tipo más utilizado de la RA; se aplica ampliamente la ubicación basada en la RA; los propósitos principales de las investigaciones han sido explicar un tema de interés, así como proporcionar información adicional; las investigaciones apoyadas en juegos educativos y la utilización de la RA para experimentos de laboratorio están creciendo en los últimos tiempos; las investigaciones ponen de manifiesto las ventajas de la ganancia de aprendizaje, motivación, interacción y colaboración como resultados de su incorporación; las limitaciones para su utilización que han aportado las investigaciones se refieren a las dificultades para mantener la información superpuesta, prestando mucha atención a la información virtual y la consideración de la RA como una tecnología intrusiva; muy pocos sistemas han considerado las necesidades especiales de los estudiantes en RA; la mayoría de los estudios han utilizado muestras de investigación medianas (entre 30 y 200 participantes), empleando métodos mixtos de evaluación y apoyándose en los cuestionarios, en las entrevistas y en encuestas para la recogida de información; y, por último, la gran mayoría de los estudios fueron de corte transversal.

Limitación. En primer lugar, al igual que ha ocurrido con muchas innovaciones educativas en el pasado, el uso de la RA en las aulas podría encontrar limitaciones por parte de las escuelas y resistencia entre



los docentes. Las actividades de aprendizaje asociadas con la RA, por lo general, implican enfoques innovadores, como simulaciones de participación y la pedagogía basada en el estudio. La naturaleza de estos métodos de enseñanza, sin embargo, es muy diferente del enfoque basado en la entrega, más centrado en el profesor y en los métodos de enseñanza convencionales (Wu *et al.*, 2013).

Otra cuestión pedagógica es la relacionada con la falta de flexibilidad de los contenidos en los sistemas de RA. En algunos sistemas de RA, el contenido y la secuencia de enseñanza son fijos. Los profesores no son capaces de hacer cambios para acomodar las necesidades de los estudiantes o para llevar a cabo los objetivos de instrucción (Wu *et al.*, 2013). Este problema podría resolverse mediante el uso de herramientas de autor, pero ello requiere conocimiento por parte de los docentes, aunque algunas experiencias llevadas a cabo sobre la capacitación de los docentes nos señalan que estos adquieren dichas competencias (Leiva y Moreno, 2015).

Además, las tareas en entornos de RA pueden requerir a los estudiantes aplicar y sintetizar múltiples habilidades complejas en la navegación espacial, en la colaboración, en la resolución de problemas, en la manipulación tecnológica y en la estimación matemática (Dunleavy, Dede y Mitchell, 2009).

La RA debe complementar la enseñanza, no sustituirla. Tendremos que acostumbrarnos a ver el mundo a través de múltiples capas.

Para finalizar, y como señalan García *et al.* (2010, pág. 29):

«En buena parte, las posibilidades que esta tecnología puede brindar en la educación superior están todavía por descubrir y dependen más de lo que seamos capaces de imaginar e idear como aplicaciones pedagógicas que de las posibilidades de la tecnología en sí».

5. BIBLIOGRAFÍA

- Akçayır, M.; Akçayır, O.; Pektas, H. y Ocak, M. [2016]: «Augmented reality in science laboratories: the effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories», *Computers in Human Behavior*, 57, págs. 334-342.
- Altinpulluk, A. y Kesim, M. [2016]: «The classification of augmented reality books: a literature review», *Proceedings of INTED2016 Conference*, Valencia: IEEE, págs. 4.110-4.118.
- Avendaño, V.; Chao, M. y Mercado, O. [2012]: «La gestión del conocimiento en ambientes de aprendizaje que incorporan la realidad aumentada: el caso de la Universidad Virtual del Estado de Guanajuato en el nivel bachillerato», *Revista Educación y Futuro Digital*, 2, págs. 51-67.
- Bacca, J.; Baldiris, S.; Fabregat, R.; Graf, S. y Kinshuk [2014]: «Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications», *Educational Technology & Society*, 17 (4), págs. 133-149.
- Barba, R.; Yasaca, S. y Manosalvas, C. [2015]: «Impacto de la realidad aumentada móvil en el proceso enseñanza-aprendizaje de estudiantes universitarios del área de medicina», *Investigar con y para la sociedad*, vol. 3, Cádiz: Bubok Publishing, SL, págs. 1.421-1.429.
- Billinghurst, M. y Duenser, A. [2012]: «Augmented reality in the classroom», *Computer*, 45, págs. 56-63.
- Bongiovani, P. [2013]: «Realidad aumentada en la escuela: tecnología, experiencias e ideas», *Educ@conTIC*. Disponible en: <http://www.educacontic.es/blog/realidad>.
- Bower, M. et al. [2014]: «Augmented reality in education-cases, places and potentials», *Educational Media International*, 51 (1), págs. 1-15.
- Bressler, D. M. y Bodzin, A. M. [2013]: «A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game», *Journal of Computer Assisted Learning*, 29 (6), págs. 505-517.
- Bujak, K. R.; Radu, I.; Catrambone, R.; MacIntyre, B.; Zheng, R. y Golubski, G. [2013]: «A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom», *Computers & Education*, 68, págs. 536-544.
- Cabero, J. [2015]: «Reflexiones educativas sobre las tecnologías de la información y comunicación», *Tecnología, Ciencia y Educación*, 1, págs. 19-27.
- Cabero, J. y Barroso, J. [2016]: «Posibilidades educativas de la realidad aumentada», *NAER. New Approaches in Educational Research*, 5 (1), págs. 46-52.
- Cabero, J. y García, F. (coords.) [2016]: *Realidad aumentada: tecnología para la formación*, Madrid: Síntesis.
- Cabero, J.; García, F. y Barroso, J. [2016]: «La producción de objetos de aprendizaje en "realidad aumentada": la experiencia del SAV de la Universidad de Sevilla», *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 6, págs. 110-123.
- Carozza, L.; Tingdahi, D.; Bosché, F. y Gool, L. [2012]: «Markerless vision-based augmented reality for urban planning», *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 00, págs. 1-16.
- [2014]: «Computer-aided civil and infrastructure», *Engineering*, 29, págs. 2-17.
- Coimbra, M.; Cardoso, T. y Mateus, A. [2015]: «Realidad aumentada: un potenciador para estudiantes de educación superior en el aprendizaje de matemáticas», *Procedia*, 67, págs. 332-339.
- Cubillo, J.; Martín, S.; Castro, M. y Colmenar, A. [2014]: «Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada», *RIED*, 17 (2), págs. 241-274.
- Churches, A. [2009]: «Taxonomía de Bloom para la era digital», *Eduteka*. Disponible en: <http://www.eduteka.org/articulos/TaxonomiaBloomDigital> [Consultado: 13 de julio de 2016].
- Davis, F. D. [1989]: «Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology», *MIS Quarterly*, 13 (3), págs. 319-340. Doi:10.2307/249008.
- 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), págs. 7-22.
- Dünser, A.; Walker, L.; Homer, H. y Bentall, D. [2012]: «Creating interactive physics education books with augmented reality», *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference*, págs. 107-114. Doi: 10.1145/2414536.2414554doi:10.1145/2414536.2414554.
- Fonseca, D.; Redondo, E. y Valls, F. [2016]: «Motivación y mejora académica utilizando realidad aumentada para el estudio de modelos tridimensionales arquitectónicos», *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 17 (1), págs. 45-64.

- Fracchia, C. et al. [2015]: «Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de ciencias naturales», *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación*, 16, págs. 7-15.
- García, I.; Peña, I.; Jhonson, L.; Smith, R.; Levine, A. y Haywood, K. [2010]: *Informe Horizon: Edición Iberoamericana 2010*, Austin (Texas): The New Media Consortium.
- Gazcón, N. [2015]: *Libros aumentados: extensión del concepto. Exploración e interacción*, Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur, tesis doctoral no publicada.
- Han, J.; Jo, M.; Hyun, E. y So, H. [2015]: «Examining young children's perception toward augmented reality-infused dramatic play», *Education Technology Research Development*, 63, págs. 455-474. Doi: 10.1007/s11423-015-9374-9.
- Hawkey, R. [2002]: «The lifelong learning game: season ticket or free transfer?», *Computers & Education*, 38, págs. 5-20.
- Horii, H. y Miyajima, Y. [2013]: «Augmented reality-based support system for teaching hand-drawn mechanical drawing», *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 103, págs. 174-180.
- Jamali, S.; Fairuz, M.; Wai, K. y Oskam, C. [2015]: «Utilizing mobile-augmented reality for learning human anatomy», *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 197, págs. 659-668.
- Jeřábek, T.; Rambousek, V. y Wildová, R. [2014]: «Specifics of visual perception of the augmented reality in the context of education», *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 159, págs. 598-604. Doi: 10.1016/j.sbspro.2014.12.432.
- Johnson, L.; Adams Becker, S.; Cummins, M.; Freeman, A.; Henthaler, D. y Vardaxis, N. [2013]: *Technology Outlook for Australian Tertiary Education 2013-2018: An NMC Horizon Project Regional Analysis*, Austin (Texas): The New Media Consortium.
- Johnson, L.; Adams Becker, S.; Cummins, M.; Estrada, V.; Freeman, A. y Hall, C. [2016]: *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*, Austin (Texas): The New Media Consortium.
- Kamarainen, A.; Metcalf, S.; Grotzer, T.; Browne, A.; Mazuca, D.; Tutwiler, M. y Dede, C. [2013]: «EcoMOBILE: integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips», *Computers & Education*, 68, págs. 545-556.
- Kim, K.; Hwang, J. y Zo, H. [2016]: «Understanding users' continuance intention toward smartphone augmented reality applications», *Information Development*, 32 (2), págs. 161-174.
- Ko, C-H.; Chang, T.; Chen, Y. y Hua, L. [2011]: «The application of augmented reality to design education», en M. Chang et al. (eds.), *Edutainment Technologies. Educational Games and VirtualReality/Augmented Reality Applications*, Verlag Berlin Heidelberg: Springer, págs. 20-24.
- Kysela, J. y Štokrová, P. [2014]: «Using augmented reality as a médium for teaching history and tourism», *Social and Behavioral Sciences*, 174, págs. 926-931.
- Leiva, J. J. y Moreno, N. [2015]: «Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas», *Revista DIM*, 31, págs. 1-18.
- Lin, T. et al. [2013]: «An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system», *Computers & Education*, 68, págs. 314-321.
- Liu, T. Y. [2009]: «A context-aware ubiquitous learning environment for language listening and speaking», *Journal of Computer Assisted Learning*, 25, págs. 515-527.
- Mehmet, H. [2016]: «The classification of augmented reality books: a literature review», *Proceedings of INTED2016 Conference*, Valencia: INTED, págs. 4.110-4.118.
- Pasaréti, O.; Hajdin, H.; Matusaka, T.; Jámbori, A.; Molnár, I. y Tucsányi-Szabó, M. [2011]: «Augmented reality in education», *INFODIDACT 2011 Informatika Szakmódszertani Konferencia*. Disponible en: http://people.inf.elte.hu/tomint/infodidact_2011.pdf.
- Pedro Carracedo, J. de [2011]: «Realidad aumentada: un nuevo paradigma en la educación superior», *Actas del Congreso Iberoamericano Educación y Sociedad*, págs. 300-307.
- Pedro Carracedo, J. de y Méndez, C. L. M. [2012]: «Realidad aumentada: una alternativa metodológica en la educación primaria nicaragüense», *IEEE-RITA*, 7, págs. 102-108.
- Pei-Hsun, E. L. y Ming-Kuan, T. [2013]: «Using augmented-reality-based mobile learning material in EFL english composition: an exploratory case study», *British Journal of Educational Technology*, 44 (1), págs. 1-4. Doi:10.1111/j.1467-8535.2012.01302.x.

- Pérez-López, D. [2015]. «Ejunior: sistemas de realidad aumentada para el conocimiento del medio marino en educación primaria», *QUID*, 24, págs. 35-42.
- Pérez-López, D. y Contero, M. [2013]: «Delivering educational multimedia contents through an augmented reality application: a case study on its impact on knowledge acquisition and retention», *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12 (4), págs. 19-28.
- Prendes, C. [2015]: «Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas», *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, págs. 187-203.
- Rasimah, C.; Ahmad, A. y Zaman, H. [2011]: «Evaluation of user acceptance of mixed reality technology», *Australasian Journal of Educational Technology*, 27, págs. 1.369-1.387.
- Redondo, E. et al. [2012]: «La ciudad como aula digital. Enseñando urbanismo y arquitectura mediante *mobile learning* y la realidad aumentada», *ACE*, 7 (19), págs. 27-54. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/12344>.
- Rodríguez, M. [2013]: *Experimentando la realidad aumentada. Integrando tecnología en el salón de clase*. Disponible en: <http://mbintegradotecnologia.blogspot.com.es/2013/04/experimentando-la-realidad-aumentada.html>.
- Ruiz, D. [2011]: «La realidad aumentada y su dimensión en el arte: la obra aumentada», *Arte y Políticas de Identidad*, 5, págs. 129-144.
- Salmi, H. [2012]: «Evidence of bridging the gap between formal education and informal learning through teacher education», *Reflecting Education*, 8, 2, págs. 45-61.
- Santos, M.; Wolde, A.; Taketomi, T.; Yamamoto, G.; Rodrigo, M.; Sandor, C. y Kato, H. [2016]: «Augmented reality as multimedia: the case for situated vocabulary learning», *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 11 (4), págs. 1-23.
- Serio, A. di; Ibáñez, M. B. y Delgado, C. [2013]: «Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course», *Computers & Education*, 68, págs. 586-596.
- Souza-Concilio, A. y Pacheco, B.A. [2013]: «The development of augmented reality systems in informatics higher education», *Procedia Computer Science*, 25, págs. 179-188.
- Sun, H.-M. y Cheng, W.-L. [2009]: «The input-interface of webcam applied in 3D virtual reality system», *Computers & Education*, 53 (4), págs. 1.231-1.240.
- Tang, W. y Ou, K.-L. [2012]: «A study of campus butterfly ecology learning system based on augmented reality and mobile learning», *IEEE Seventh International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMUTE)*, Takamatsu: IEEE, págs. 62-66.
- Tecnológico de Monterrey [2015]: *Reporte EduTrends. Radar de Innovación Educativa 2015*, Monterrey: Tecnológico de Monterrey.
- Torre, J. de la et al. [2013]: «Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional», *RED. Revista de Educación a Distancia*, 37. Disponible en: <http://www.um.es/ead/red/37> [Consultado: 27 de julio de 2015].
- Tsai, M.; Liu, P. y Yau, J. [2013]: «Using electronic maps and augmented reality-based training materials as escape guidelines for nuclear accidents: an explorative case study in Taiwan», *British Journal of Educational Technology*, 44 (1), págs. E18-E21.
- Wojciechowski, R. y Cellary, W. [2013]: «Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments», *Computers & Education*, 68, págs. 570-585.
- Wu, H.-S.; Wen-Yu, S.; Chang, H.-Y. y Liang, J. [2013]: «Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education», *Computers & Education*, 62, págs. 41-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>.