

Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada

Julio Cabero^{1*}, Julio Barroso²

¹Secretariado de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías de la Universidad de Sevilla, España

{cabero@us.es} 

²Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universidad de Sevilla, España

{jbarroso@us.es}

Recibido el 11 Julio 2015; revisado el 15 Julio 2015; aceptado el 26 Octubre 2015; publicado el 15 Enero 2016.

DOI: 10.7821/naer.2016.1.140

RESUMEN

En los últimos tiempos han ido surgiendo un gran número de tecnologías emergentes que están adquiriendo un fuerte impulso. Podemos decir que una de estas tecnologías emergentes es la Realidad Aumentada (Augmented Reality) (RA), tecnología que tendrá un fuerte nivel de penetración en nuestros centros educativos y universidades a un horizonte de 3 a 5 años como ha sido puesto de manifiesto en diferentes informes.

En este artículo presentamos diferentes elementos que consideramos esenciales para su incorporación a la enseñanza, haciendo hincapié en que su incorporación no tiene que presentar un problema tecnológico sino educativo y didáctico. Igualmente se incluyen algunos estudios que se han venido realizando en relación a la explotación didáctica de esta tecnología emergente, así como las potencialidades que nos ofrece. El estudio que presentamos forma parte de una investigación de I+D+I financiada en el marco del Plan Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia 2013-2016, con referencia EDU2014-57446-P

PALABRAS CLAVE: REALIDAD AUMENTADA, INTEGRACIÓN CURRICULAR, TECNOLOGÍAS EMERGENTES

1 REALIDAD AUMENTADA: DEFINICIÓN, TIPOS Y PROGRAMAS

En lo que va de comienzo de siglo, diferentes tecnologías emergentes (web semántica, gamificación, computación en nubes, analíticas de aprendizaje, MOOC, la internet de las cosas, entornos personales de aprendizaje, etc.), están adquiriendo un fuerte impulso gracias a diversos acontecimientos, que van desde la importancia que ha ido adquiriendo la web 2.0, la reducción de costes de los equipos, y la fuerte penetración de los dispositivos móviles que han influido en la deslocalización de las tecnologías. Una de estas tecnologías emergentes es la “realidad aumentada” (“augmented reality”) (RA), tecnología que como han puesto de manifiesto diferentes Informes Horizon (Durall, Gros, Maina, Johnson, & Adams, 2012; García, Peña-López, Johnson, Smith, Levine, & Haywood, 2010; Johnson,

Becker, Gago, Garcia, & Martín, 2013) tendrán un fuerte nivel de penetración en nuestros centros educativos y universidades a un horizonte de 3 a 5 años.

Esta significación que está adquiriendo la RA, además de en los citados informes Horizon, podemos también observarla en otra serie de hechos como son: el que en el 2010 la revista *Time* la incluyó entre las diez tendencias tecnológicas de ese año, concretamente ubicándola en la posición cuarta; como la compañía Gartner Research, líder mundial en investigación y asesoramiento en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) del mundo, la identificó como una de las diez tecnologías que tendría más impacto en los próximos años, con una previsión de uso en el año 2014 del orden del 30% de los usuarios que dispongan de dispositivos móviles. Otros ejemplos de lo que decimos son: el hecho de que el portal educativo del Estado Argentino *Educar* (<http://recursos.educ.ar/>) publicó un monográfico en el 2013 sobre dicha tecnología; como la revista *Computer and Education* le ha dedicado recientemente un monográfico (volumen, 68, 2013), o como en la “curaduría de contenidos” de *Scoop.it* (<http://www.scoop.it/>) donde aparecen sitios específicos dedicados a ella.

Ahora bien, ¿qué podemos entender por RA y cuáles podrían ser las diferencias más significativas con la denominada “realidad virtual” (RV)?

De forma sintética podemos decir, que la RA es 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, por tanto implica añadir una parte sintética virtual a lo real (Fundación Telefónica, 2011; García et al., 2010; Muñoz, 2013).

Como señalan De la Torre Cantero, Martín-Dorta, Saorín Pérez, Carbonel Carrera y Contero González (2013, p. 5): “es una tecnología que permite la interacción del usuario con el mundo físico y real que lo rodea. La RA combina tres dimensiones (3D) de objetos generados por ordenador y texto superpuesto sobre imágenes reales y vídeo, todo en tiempo real”.

En definitiva, la RA permite al usuario ver el mundo real con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real (González, Vallejo, Albusac, & Castro, 2013). Es por tanto una tecnología que mezcla elementos reales con virtuales añadidos, para crear una nueva escenografía comunicativa.

Como indican Di Serio, Ibáñez y Delgado (2013, p. 587), los sistemas de RA se caracterizan por tres propiedades:

*Por correo postal, dirigirse a:

Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla
 Departamento de Didáctica y Organización Educativa
 Universidad de Sevilla
 c/ Pirotecnia s/n
 41013 - Sevilla, España

- (1) combinar objetos reales y virtuales en un entorno real,
- (2) alineación de objetos reales y virtuales entre sí, y
- (3) ejecutarlos de forma interactiva y en tiempo real.

En cierta medida podemos decir que lo que persigue la RA es enriquecer la información existente en la realidad con información disponible en los dispositivos tecnológicos; es decir, en la realidad aumentada la información reside en el contenido real, y el contenido digital la aumenta y completa. “El concepto de la RA es combinar lo que no está ahí con lo que sí existe de forma imperceptible y ofrecer a los usuarios una representación mejorada o aumentada del mundo que le rodea” (Mullen, 2012, p. 13).

En cierto sentido, como señala la Fundación Telefónica (2011, p. 10) su utilización supone potenciar los sentidos físicos de la vista, el oído, el olfato, el tacto y el gusto, con un nuevo sentido tecnológico que permite potenciar y aumentar la información del mundo físico. Es desde esta perspectiva que García et al. (2010, p. 28) señalan, que parece justo utilizar el calificativo “aumentada”, puesto que esta tecnología amplifica las capacidades de percepción humanas, permitiendo desglosar la realidad física en sus distintas dimensiones para facilitar la captación de determinados componentes, en ocasiones no perceptibles por los sentidos, generando así modelos que simplifican la complejidad multidimensional del mundo.

Lo comentado nos permite establecer una clara diferencia entre la RA y la RV, ya que en la segunda los datos virtuales sustituyen a los físicos, creándose una nueva realidad. Por el contrario en la RA, las dos realidades se superponen en distintas capas de información en formatos diversos (imágenes generadas por ordenador, secuencias de vídeo, animaciones, etc.) para configurar una nueva realidad que es con la que interactúa la persona. De todas formas, no podemos olvidarnos que ambas “realidades” comparten algunas características comunes como: la inmersión, la navegación y la interacción (Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009; Kye & Kim, 2008).

En esta combinación de lo real y lo virtual en la RA, debemos tener presente que tanto lo real como lo virtual juegan papeles importantes para la consecución del entorno tecnológico informativo (Klopfer, 2008).

Por lo que hemos ido comentando, no es extraño suponer que en los últimos tiempos la RA está adquiriendo cierta importancia con fuerte penetración en diferentes sectores, y aunque como señala la Fundación Telefónica (2011) la RA inmersiva tardará cierto tiempo en llegar, el hecho es que en la actualidad contamos con una RA que podemos denominar simple, que es accesible para todo el mundo y que nos permite llevar a cabo diferentes tipos de experimentos, con tecnologías disponibles, como son los ordenadores portátiles o los dispositivos móviles y de cierta facilidad de utilización, y en nuestro caso además con cierta presencia en los centros y en los alumnos. Dispositivos móviles que de acuerdo con los últimos informes Horizon (Durall et al., 2012; García et al., 2010; Johnson, Adams, & Cummins, 2012; Johnson, Becker, Cummins, Estrada, Freeman, & Ludgate, 2013a, 2013b, 2013c), se presentan como una tecnología con fuerte penetración en las instituciones educativas.

Siguiendo los planteamientos expuestos por diversos autores (Fombona, Pascual, & Madeira, 2012; Fundación Telefónica, 2011; García et al., 2013; Kipper & Rampolla, 2012; Mullen, 2012) diferentes son las tecnologías que son necesarias para producir entornos de RA, en concreto se necesitarán:

1. Un elemento que capture la imagen de la realidad que están viendo los usuarios (pantalla del ordenador, un teléfono, o una videoconsola);
2. Un dispositivo donde proyectar la mezcla de las imágenes reales con las imágenes sintetizadas (pueden servir los tres citados anteriormente);
3. Un elemento de procesamiento o varios que trabajen conjuntamente cuya función es la de interpretar la información del mundo real que recibe el usuario, generar la información virtual que cada servicio concreto necesite y mezclarla de forma adecuada (ordenadores, móviles o videoconsolas);
4. Un tipo de software específico para la producción del programa;
5. Un activador de la realidad aumentada o marcadores que pueden ser códigos QL, objetos físicos, GPS...); y
6. Un servidor de contenidos donde se ubica la información virtual que queremos incorporar a la realidad.

En función del activador de RA que utilicemos podemos diferenciar tres tipos de presentación de la RA: 1) marcadores de posición; 2) geolocalización; y 3) códigos QR.

En el primero de los casos, el proceso consiste en asociar una imagen 3D, vídeo o animación a un marcador impreso mediante software específico, de manera que al pasar el marcador por la cámara web se activará la capa virtual contenida en el mismo, ello repercutirá para que si cambiamos la perspectiva del marcador, los objetos virtuales cambian de orientación y ello nos permite observar su tridimensionalidad. Para su utilización en la enseñanza pueden emplearse programas como Aumentaty, BuildAR y ARSights, para los que no se necesita tener grandes conocimientos de programación y facilitar la producción de medios por el profesorado y alumnado, en algunos casos. En el segundo de los casos, la RA mediante geolocalización, se trata de la integración de las tecnologías RA, GPS, sistemas de búsqueda visual (CVS) y mapeo (SLAM). Estas aplicaciones ofrecen al usuario un marco de interacción con el sistema urbano a partir de su localización en un punto determinado. En ellas a través de la cámara de su dispositivo móvil, el usuario obtiene la imagen física del lugar y una superposición de capas virtuales de información que le muestran en tiempo real datos diversos sobre establecimientos cercanos, historia del entorno y eventos, etc.; para su realización contamos con diferentes programas y aplicaciones: ayar app, Hoppala, Junaio, Layar, Metaio y Wikitude. Y en el último de los casos nos encontramos con la RA mediante códigos QR, la interacción se percibe por medio de códigos bidimensionales en forma de cuadrado en el que se puede almacenar diversa información alfanumérica que luego puede visualizarse desde un lector QR instalado en un dispositivo móvil y es a través de ellos donde presentamos la información.

También nos encontramos con diferentes lenguajes de programación, como ARToolKit de HITLab, que posee adaptaciones para distintas plataformas, BuildAR de HIT Lab NZ con aplicaciones propietarias para Windows, DART herramienta para crear aplicaciones RA con el entorno de programación Adobe Director, o PTAM.

Una descripción y unas referencias técnicas a los programas anteriormente citados pueden encontrarse en las siguientes direcciones web: <http://www.etwinning.es/es/ideas/herramientas-tic/749-realidad-aumentada-en-educacion/>; y <http://reconstructme.net/>, <http://www.aumentaty.com/>.

Además de estos tres niveles, existe otro que es el de la visión aumentada (Muñoz, 2013), cuyo referente más conocido son las gafas de Google, aunque ya existen diferentes alternativas en el mercado como: “Epiphany Eyewear”, “Mata”, “Tele-parthy”, “ORA-S”, o “Glassup”.

Pero desde nuestro punto de vista la necesidad de unos dispositivos especiales hará costosa y tardía su incorporación al sector educativo, que es el que aquí nos interesa.

2 APLICACIONES EDUCATIVAS DE LA REALIDAD AUMENTADA

Especificada su definición y comentada sus características básicas, cabe ahora hacernos una pregunta: ¿qué tipo de aplicaciones tiene la RA? Y al respecto podemos decir que los tipos de aplicaciones de la RA solo presentan el límite de nuestra creatividad. Según diferentes autores (Fundación Telefónica, 2011; Kipper, & Rampolla, 2012), la RA puede utilizarse en una diversidad de campos: publicidad, navegación y guías de la ciudad, industria, arte, aprendizaje de idiomas, viajes y guías turísticas, medicina, marketing y ventas, entretenimiento y juegos, redes sociales, educación, y traducción.

Por lo que se refiere a la educación, lo primero que tenemos que señalar es que en los últimos tiempos se han desarrollado diferentes experiencias e investigaciones sobre la utilización de la RA en distintos niveles educativos: Primaria (Bongiovani, 2013), Secundaria - Bachillerato - Formación Profesional (Avendaño, Chao, & Mercado, 2012; Bressler & Bodzin, 2013; De la Torre et al., 2013; De Pedro Carracedo, & Méndez, 2012; Di Serio, Ibáñez, & Delgado, 2013; Kamarainen, Metcalf, Grotzer, Browne, Mazzuca, Tutwiler, & Dede, 2013; Liu, 2009; Pasaréti, Hajdin, Matusaka, Jámboiri, Molnár, & Tucsányi-Szabó, 2011) y en la enseñanza universitaria (LinT, Been-Lirn, Li, Wang, & Tsai, 2013; Pei-Hsun & Ming-Kuan, 2013; Redondo, Sánchez, & Moya, 2012; Rodríguez, 2013). Estas aplicaciones se han llevado a cabo en diferentes áreas curriculares: Ingeniería (De la Torre et al., 2013), Arquitectura (Carozza et al., 2012; De la Torre et al., 2013; Redondo, et al., 2012), Urbanismo (Carozza, Tingdahl, Gool, 2014), Matemáticas-Geometría (Avendaño, et al., 2012; Bujak, Radu, Catrambone, MacIntyre, Zheng, & Golubski, 2013; De Pedro Carracedo, & Méndez, 2012), Arte e Historia (Ruiz, 2011) Aprendizaje de Idiomas (Emma, Liu, Tsai, Pei-Hsun, & Ming-Kuan Tsai, 2013; Liu, 2009), Tecnología (Rodríguez, 2013), diseño (Ko, Chang, Chen, & Hua, 2011), Química (Núñez et al., 2008; Pasaréti et al., 2011), Física (LinT et al., 2013), Geografía (Klopfer & Squire, 2008; Tsai, Liu, & Yau, 2013).

También se han llevado a cabo experiencias para aumentar las actitudes de los alumnos hacia la ciencia (Bressler & Bodzin, 2013; Ibáñez y otros, 2014; Kamarainen et al., 2013), en la formación para la adquisición de hábitos saludables (Acosta, Catalá, Esteve, Mocholí, & Jaén, 2006), y en la construcción de juegos para favorecer la convivencia escolar (Pérez-Fuentes, Álvarez- Bermejo, Molero, Gázquez, & López, 2011).

Más ejemplos de aplicaciones de la RA en la educación pueden observarse en el monográfico dedicado por Scopeo a la RA (Muñoz, 2013) o en los informes de los proyectos Horizon (Durall et al., 2012; García et al., 2010; Johnson et al., 2013).

En nuestro contexto, la subdirección General de Coordinación Bibliotecaria del Ministerio de Cultura del Gobierno de España, ha incorporado la tecnología de la RA en sus bibliotecas (<http://infotecarios.com/yoshiocantarocalderon/realidad-aumentada-y-educacion-la-experiencia-de-un-nuevo-servicio-en->

biblio-1). Y también contamos con la experiencia realizada en la creación del “Libro Interactivo de Monumentos Andaluces” donde se aplicó la RA en exposiciones y museos (Ruiz, 2011) o el Proyecto Estarteco (<http://www.estarteco.com/>) desarrollado por el Instituto Tecnológico de Castilla y León (ITCL) con la colaboración de Fundación Biodiversidad, donde se desarrolló un juego con RA que permite apreciar el valor de los ecosistemas y la complejidad de su equilibrio.

También se han desarrollado diferentes experiencias de RA en la elaboración de libros escolares, como el proyecto “Magic Book” del grupo HIT de Nueva Zelanda (<http://www.hitlabnz.org/index.php/research/augmented-reality?view=project&task=show&id=54>), o algunos libros de primaria de la editorial Santillana de la serie Bicentenario 2011 de Argentina (<http://www.santillana.cl/Bicentenario/index.html>).

Esta fuerte penetración que está adquiriendo la RA ha influido para que en los últimos tiempos se hayan configurado diferentes grupos de trabajo para el análisis de su desarrollo tecnológico y de las posibilidades educativas, tanto a nivel nacional como internacional. Dentro de estos grupos e instituciones, nos encontramos a nivel europeo con el CREATE (“Constructivist Mixed Reality for Design, Education, and Cultural Heritage - <http://www.cs.ucl.ac.uk/research/vr/Projects/Create/>) y ARiSE. (“Augmented Reality in School Environments” - <http://www.ariseproject.org/>).

A nivel nacional, contamos con distintas experiencias, instituciones y grupos de investigación, como el programa RASMAP (“Plataforma de Realidad Aumentada Sin Marcadores en Entornos Móviles para el Desarrollo de Asistentes Personales”), financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, a través del Programa Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007; el grupo de investigación “Dehaes” de la Universidad de la Laguna; el Instituto Tecnológico de Castilla y León. “Realidad virtual” (<http://www.itclimasd.org/Realidad-Virtual/>); el proyecto EspiRA (<http://ciberespiral.org/es/noticias/22-categoria-3-de-noticias/190-proyecto-espira>) que persigue facilitar la incorporación de la RA en el mundo de la enseñanza; el grupo de “Gráficos y Multimedia del Instituto de Automática e Informática Industrial (ai2)” de la Universidad Politécnica de Valencia; el equipo de trabajo COMARFAREM, que entre sus objetivos persigue proporcionar a los maestros de primaria plataformas educativas basadas en la RA, que les faciliten su labor didáctica en la enseñanza de las matemáticas (De Pedro Carracedo, & Méndez, 2012); el grupo de investigación MULTIMEDIA-EHU de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad del País Vasco (<http://multimedia.ehu.es/Joomla/>) o el “Secretariado de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías de la Universidad de Sevilla” que está llevando a cabo diferentes experiencias en potenciación de la información, enriquecimiento de la información, integración de la información en apuntes de los estudiantes, modelos 3D de objetos o ser vivo real, etc., que pueden observarse en el portal específicamente elaborado para ello (<http://ra.sav.us.es>).

En Latinoamérica, contamos con algunas experiencias como la llevada a cabo por el “Centro de Tecnología y Docencia de la Universidad de Concepción” de Uruguay (CTED-<http://www.innovacion.cl/2013/04/realidad-aumentada-en-educacion-la-innovacion-que-viene-a-las-aulas/>); el “Laboratorio de Investigación en Realidad Virtual” de la Universidad EAFIT de Colombia (<http://arcadia.eafit.edu.co/>) o los desarrollos que se están realizando en la Universidad Abierta y a Distancia de

México para optimizar el tiempo invertido en los laboratorios presenciales (García et al., 2010, p. 28).

Pero antes de presentar algunos de los resultados alcanzados que pueden justificar su incorporación a la enseñanza, es importante tener presente que muchas de ellas se han realizado en contextos de laboratorio, y no en contextos reales y formales de educación, que son experiencias puntuales que han desarrollado más planteamientos tecnológicos e instrumentales que investigaciones para analizar sus posibilidades educativas, y que se han centrado más en contextos de formación informal que formal (Cheng & Tsai, 2013; Cuendet, Bonnard, Do-Lenh, & Dillenbourg, 2013; Di Serio et al., 2013; LinT et al., 2013; Wojciechowski & Cellary, 2013). Dicho en otros términos, hay una fuerte falta de investigaciones y estudios científicos sobre las posibilidades que la RA puede incorporar a la formación, y los papeles que en la misma podrán jugar los profesores y los estudiantes.

Realizados estos comentarios, pasaremos a apuntar algunos de los aspectos que apoyan la utilización de la RA en los contextos educativos para mejorar las acciones formativas y para que los alumnos aumenten los niveles de aprendizaje mediante la creación de estos escenarios tecnológicos. Y en este sentido, uno de los aspectos a destacar es que facilita la comprensión de fenómenos y conceptos complejos, ya que favorece, por una parte, la descomposición de un fenómeno y/o objeto en sus diferentes fases, etapas o partes y, por otra, que permite la percepción del objeto o fenómeno desde diferentes puntos de vistas (García et al., 2010). Esta combinación de lo virtual y lo real propicia su utilización como medio de sustituir los modelos físicos tan necesarios en algunas disciplinas artísticas y científicas (De la Torre et al., 2013).

También es importante contemplar que los escenarios de RA favorecen el que los alumnos puedan contextualizar la información y, al mismo tiempo, enriquecerla con información adicional en diferentes soportes y sistemas simbólicos, lo que permite la individualización de la formación y la adaptación a los diferentes tipos de inteligencias y preferencias simbólicas de los estudiantes (Fabregat, 2012).

Otra de las posibilidades que nos ofrece la RA para ser utilizada en contextos formativos, como nos señalan Wojciechowski y Cellary (2013), es que mediante ella los alumnos son capaces de interactuar con los objetos virtuales en una forma directa y natural mediante la manipulación de objetos reales y sin la necesidad de dispositivos sofisticados y costosos. Como han indicado algunas investigaciones, durante las sesiones donde los estudiantes interactúan con objetos de RA, muestran un alto nivel de participación, alcanzando también un alto grado de satisfacción en cuanto a los materiales utilizados, la posibilidad de recibir información en diferentes formatos, y la sensación de tener el control de la actividad, ya que podrían explorar los temas en el orden que quieran y pueden revisar los materiales cuando le es necesario (Di Serio et al., 2013).

Lo comentando, nos permite señalar que la RA es capaz de proporcionar experiencias de aprendizaje fuera del aula y por tanto favorecen su contextualización, desplegando nexos de unión entre la realidad y la situación de aprendizaje en que participan los estudiantes, favoreciendo por tanto el desarrollo del aprendizaje en contextos reales (Bujak et al., 2012). Lo que queremos venir a decir con ello es que desde esta perspectiva cualquier espacio físico puede convertirse en un escenario académico estimulante. Por ejemplo, los estudiantes de Arqueología, Historia o Antropología, podrían disponer de

aplicaciones que reconstruyeran emplazamientos históricos específicos o de mapas y gráficos tridimensionales se recrearían diferentes momentos de la historia. Por ello podemos decir que la RA favorece el aprendizaje ubicuo y contextualizado al convertir cualquier entorno en entorno de aprendizaje (Fombona, Pascual, & Madeira, 2012).

El hecho de poder disponer de diferentes objetos para ampliar el mismo contenido real favorece la conexión e integración de diferentes puntos de vistas sobre un mismo concepto u objeto, y de esta forma se crean entornos más ricos para el aprendizaje, ya que introduce al alumno en un contexto inmersivo y envolvente para la formación, donde no se discrimina lo auténtico de lo real y se dispone de más información (Chen & Tsai, 2012; Dalgarno & Lee, 2010; Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009; Squire & Klopfer, 2007).

Desde nuestro punto de vista esta contextualización permite que los estudiantes adquieran experiencias y aprendan, además de la comprensión, el cómo los conceptos adquiridos en el aula se aplican para resolver problemas en situaciones del mundo real. En tales contextos, la RA potencia que los estudiantes obtengan una apreciación más profunda de aprendizaje, relacionando los contenidos de aprendizaje a sus propias experiencias.

Las prácticas educativas apoyadas en RA favorecen una enseñanza activa por parte del alumno, puesto que él es el que controla el proceso de aprendizaje al tomar la decisión de cuando necesita aumentar la información y combinar lo real y virtual (Fombona et al., 2012). Desde esta perspectiva podemos decir que la RA facilita el desarrollo de una metodología constructivista de enseñanza-aprendizaje puesto que el estudiante se convierte en una persona activa y hace sus propios descubrimientos relacionando la información que se le presenta por las diferentes vías y obteniendo sus propias inferencias y conclusiones, por supuesto todo ello apoyándose en metodologías específicas de enseñanza. Como señalan Wojciechowski y Cellary (2013), la RA favorece el despliegue de una metodología constructivista ya que esta requiere el uso de entornos de aprendizajes interactivos y dinámicos, donde los alumnos sean capaces de modificar los elementos apropiados, generar ideas de pruebas y realizar experimentos, y todo ello puede ser favorecido para la incorporación de la RA.

Al mismo tiempo los movimientos físicos que realiza el alumno para la rotación de objetos y los cambios de orientación favorece la percepción de los contenidos espaciales y objetos en 3D, hecho que propicia el desarrollo de competencias gráficas en los estudiantes (Redondo et al., 2012), y potencia la movilización de estructuras cerebrales distintas a las desarrolladas por la lectoescritura.

Por otra parte, como encontraron Schank, Berman y Macperson (1999), citados por Wojciechowski y Cellary (2013) en su investigación, el aprendizaje basado en la realización de experimentos y la reflexión sobre sus resultados es la base del paradigma del aprendizaje mediante la práctica. Este paradigma sugiere que la mejor y la manera más natural de aprender a hacer algo es haciéndolo, como señala la teoría del aprendizaje experiencial. Esta estrategia aumenta la comprensión y la retención del material aprendido en comparación con los métodos que únicamente implican escuchar, leer o incluso ver, y al mismo tiempo hacen que los alumnos se encuentren más motivados a aprender por participar activamente en el proceso de aprendizaje.

En este aspecto de la motivación, tenemos que señalar que las investigaciones sobre RA, que la han contemplado como variable, han puesto de manifiesto que los alumnos que participan en estas experiencias la aumentan, e incrementan con ello el aprendizaje (Di Serio et al., 2013). Lo mismo ha ocurrido en aquellas donde se ha medido el nivel de satisfacción mostrado tras participar en acciones formativas con RA por los estudiantes y la valoración que realizaban de la misma, encontrándose niveles altos de satisfacción y valoraciones muy positivas (Chin-Ming & Yen Nung, 2011; De la Torre et al., 2013; Kamarainen et al., 2013; Ko et al., 2011; Neven, Hala, & Mohamed, 2011; Wojciechowski & Cellary, 2013).

También tenemos que señalar que diferentes estudios han encontrado que la inmersión de los alumnos en experiencias formativas con RA repercute en que mejoraban sus resultados de aprendizaje (Bongiovani, 2013; Chang, Wu y Hsu, 2013; Kamarainen et al., 2013; Ko et al., 2011; Liu, 2009; Pasaréti et al., 2011; Pei-Hsun & Ming-Kuan, 2013; Redondo et al., 2012).

Algunos de los comentarios que hemos realizado anteriormente nos permiten llamar la atención sobre una de sus posibilidades que es la flexibilidad, al entender que puede ser utilizada en diferentes niveles educativos, en distintas disciplinas, con la posibilidad de aplicación a través de diversos niveles y con distintas tecnologías (Fombona et al., 2012; Fundación Telefónica, 2011). Por otra parte no debemos olvidarnos, que es una tecnología que propicia distintos niveles de actuación, ya que según su diseño se pueden crear escenarios de RA donde el alumno únicamente sea receptor de la información, hasta diseñarlos de manera que permita que interactúe con la misma. Estas posibilidades interactivas de la RA son destacadas por diferentes autores (Bressler & Bodzin, 2013; Bongiovani, 2013; Dalgarno & Lee, 2010; Dunleavy et al., 2009).

Una de las metodologías didácticas que está ganando significación en los últimos tiempos es el denominado “aprendizaje basado en juegos” o gamificación, por el potencial que están demostrando para apoyar el aprendizaje inmersivo y experiencial, y el desarrollo cognitivo y la adquisición de aptitudes por parte de los estudiantes (Durall et al., 2012; Johnson et al., 2013c; Marín, 2012; Whitton, 2010). Y en este sentido la RA se está presentando como una tecnología significativa para la creación de juegos y apoyar por tanto el aprendizaje basado en los mismos y el aprendizaje apoyado en el descubrimiento (Bressler & Bodzin, 2013; Fundación Telefónica, 2011; Pérez-Fuentes et al., 2011).

Otra de las posibilidades educativas que nos ofrece la RA es la creación de contenidos multimedia interactivos, bien a través de la construcción de libros especialmente diseñados bajo esta tecnología (Fundación Telefónica, 2011) o de marcadores y reconocimiento de objetos (Mullen, 2012; Muñoz, 2013). Aunque el problema que en este caso nos encontramos, es el bajo número de experiencias formativas que se han desarrollado, y por tanto la existencia de pocos estudios científicos, referidos a cómo tenemos que diseñar estos materiales para ser incorporados a la práctica educativa.

Como ha señalado Fabregat (2012) la creación de contenidos interactivos basados en RA apoya el proceso de aprendizaje de diversas formas, entre ellas brindando soporte a la adquisición de conocimientos procedimentales, que son esenciales para relacionar y entender los conceptos aprendidos mediante la interacción con los recursos que se encuentran alrededor del individuo, es decir, que hacen que el alumno forme parte del entorno real.

Otro de los aspectos educativos que nos gustaría destacar de la RA, es la relación que diferentes autores están señalando respecto a la posibilidad de utilizarla en contextos de formación a distancia y e-learning (Edel & Guerra, 2010; García et al., 2010). En este sentido, por ejemplo la Universidad Abierta y a Distancia de México, ha desarrollado un proyecto de RA que persigue optimizar el tiempo invertido en los laboratorios presenciales, destinados a planes de desarrollo tecnológico que requieren ciertas habilidades cognoscitivas o, como nos sugiere Fabregat (2012), la utilización de tecnologías emergentes como la RA o la computación móvil en los entornos de e-learning para permitir un aprendizaje más personalizado y para que cada estudiante vaya avanzando al ritmo de sus propias capacidades e intereses. Además, como señala el autor anterior, son ideales para aquellos estudiantes que requieren un nivel de exploración mayor de la información y de los objetos.

Los aspectos que hemos venido comentando hasta el momento se refieren a situaciones en las cuales los estudiantes utilizan materiales de RA producidos, bien por profesores o por equipos técnicos; sin embargo, los alumnos pueden también convertirse en productores y diseñadores de este tipo de medios, y al construirlos los utilicen como instrumentos para analizar el mundo que les rodea y expresarse a través de ellos. La producción de medios por parte de los estudiantes, bien sean vídeos, materiales multimedia, blog o páginas web, de acuerdo con los diferentes trabajos que se han realizado (Chirinos, Vera, & Luque, 2013; Martínez & Hermosilla, 2011), poseen una serie de ventajas, como son: su nivel altamente motivante, la contextualización de los mensajes producidos, la necesidad de trabajar colaborativamente pues implica la realización de diferentes acciones (elaboración del guión, locución, manejo de software, manejo de dispositivos de grabación,...) que requiere su reparto de forma coordinada, el aumentar la competencia digital, la mejora del clima y ambiente de clase, y el cambio de la interacción profesor-alumno. Para nosotros, la concepción de las TIC como instrumentos de conocimientos puesto en mano de los estudiantes vendrá de asumirlo como un elemento de trabajo del grupo-clase a través del cual se persigue que el alumno deje de ser sólo un receptor de códigos verboicónicos para convertirse en emisor de mensajes didácticos. Este tipo de uso favorece el pasar de un modelo de enseñanza centrado en el profesor a un modelo centrado en el estudiante, que como señala la Fundación Telefónica (2012, p. 13-14) en un informe denominado: *Aprender con tecnología. Investigación internacional sobre modelos educativos futuros* implica considerar que “se aprende a través de actividades e interrogantes generados desde el alumno y no desde el profesor.”

Pero en su incorporación a la acción educativa debemos tener una serie de precauciones, pues como señala Durall et al (2012, p. 16): “En el ámbito docente, los principales retos para la adopción de la RA se centran en la capacitación y en el desarrollo de metodologías en las que se evidencie el potencial de esta tecnología para la docencia y el aprendizaje.”

3 UNAS REFLEXIONES FINALES

Tenemos que señalar que de cara a la formación del profesorado en TIC últimamente el modelo TPACK (“Technological Pedagogical Content Knowledge”) (Mishra & Koehler, 2006), que viene a señalarnos que la capacitación de los docentes en estos instrumentos curriculares requiere que se adquiera conocimiento en tres grandes dimensiones para su utilización: tecnológica, contenidos y conocimiento pedagógico, pero no de

forma aislada como se hecho normalmente sino en interacción, lo que nos permitirá proponer pautas diferentes de capacitación no sólo en función de la tecnología sino también de los contenidos que esta transmite

Desde nuestro punto de vista la incorporación de la RA en situaciones de enseñanza requiere que se contemplen una serie de principios, como son: diseñar entornos que sean lo suficientemente flexibles que hagan que su incorporación no sea un problema tecnológico sino educativo y didáctico, asumir las limitaciones que el contexto plantea, trabajar con contenidos curriculares para superar que su penetración se refiera a aspectos meramente marginales, que los profesores y los alumnos tengan unos meras competencias digitales, indagar sobre metodologías que pueden movilizarse en ella, producir materiales multiplataforma y que puedan ser utilizados en diferentes soportes, y la formación del profesorado en competencias didácticas para incorporar la tecnología a las prácticas educativas y que sea capaz de crear, con la RA, escenografías educativas enriquecedoras desde un punto de vista educativo y no meramente preciosistas desde un punto de vista estético y tecnológico. Estos son aspectos sobre los que gira nuestro proyecto de investigación.

Finalizaremos nuestro artículo con los comentarios que García et al. (2010, p. 29) realizan respecto a las posibilidades educativas de la RA: “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.”

Pero ello pasa desde nuestro punto de vista por realizar investigaciones sobre su comportamiento en situaciones de enseñanza, y en asumir que son recursos educativos, y no como ha pasado con otras tecnologías que se presentaban como la “panacea” que podrían resolver los problemas educativos.

REFERENCIAS

- Acosta, R., Catalá, A., Esteve, J. M., Mocholí, J. A., & Jaén, J. (2006). eCoology: un sistema para aprender jugando. *NOVATICA*, 182, 63-67.
- Avendaño, V. C., Chao, M. M., & 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, 51-67.
- Bongiovani, P. (2013). Realidad aumentada en la escuela: Tecnología, experiencias e ideas. *Educ@contIC*. Retrieved from <http://www.educacontic.es/blog/realidad>
- Bressler, D. M., & 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), 505-517. doi:10.1111/jcal.12008
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education* 68, 536-544. doi:10.1016/j.compedu.2013.02.017
- Carozza, L., Tingdahl, D., & Gool, L. (2014). Markerless Vision-Based Augmented Reality for Urban Planning. *Journal of Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 00, 29(1) 2-7. doi:10.1111/j.1467-8667.2012.00798.x
- Chang, H., Wu, K., & Hsu, Y. (2013). Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. *British Journal of Educational Technology*, 44, 3, 95-99. doi:10.1111/j.1467-8535.2012.01379.x
- Chen, C. M., & Tsai, Y. N. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59, 638-652. doi:10.1016/j.compedu.2012.03.001
- Chin-Ming, C., & Yen Nung, T. (2011). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers and education*. 59, 638-652.
- Chirinos, N., Vera, L. J., & Luque, A. (2013). Empleo del wordpress con estudiantes de postgrado para el diseño de un modelo metacognitivo de enseñanza. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 43, 199-212. doi:10.12795/pixelbit.2013.i43.15
- Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S., & Dillenbourg, P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education*, 68, 557-569. doi:10.1016/j.compedu.2013.02.015
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32.
- De Pedro Carracedo, J., & Méndez, C. L. M. (2012). Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense. *IEEE-RITA*, 7, 102-108.
- De la Torre Cantero, J., Martín-Dorta, N., Saorín Pérez, J. L., Carbonel Carrera, C., & Contero González, M. (2013). Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional. *RED, Revista de Educación a Distancia* 37. Retrieved from: <http://www.um.es/ead/red/37>
- Di Serio, A., Ibáñez, M. B., & Delgado, C. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596. doi:10.1016/j.compedu.2012.03.002
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22. doi:10.1007/s10956-008-9119-1
- Durall, E., Gros, B., Maina, M., Johnson, L., & Adams, S. (2012). *Perspectivas tecnológicas: educación superior en Iberoamérica 2012-2017*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Edel, R., & Guerra, C. E. (2010). Recursos didácticos para la educación a distancia: hacia la contribución de la realidad aumentada. *Ide@s CONCYTEG*, 5(61). Retrieved from: http://www.redem.org/boletin/files/61052010_RECURSOS_DIDACTICOS_EDUCACION_A_DISTANCIA.pdf
- Fabregat, R. (2012). Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas. *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 9(2), 69-78.
- Fombona, J., Pascual, M. J., & Madeira, M. F. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 197-210.
- Fundación Telefónica (2011). *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Madrid: Fundación Telefónica/Ariel.
- Fundación Telefónica (2012). *Aprender con tecnología. Investigación internacional sobre modelos educativos futuros*. Madrid: Fundación Telefónica/Ariel.
- García, I., Peña-López, I., Johnson, L., Smith, R., Levine, A., & Haywood, K. (2010). *Informe Horizon: Edición Iberoamericana 2010*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- González, C., Vallejo, D., Albusac, J. A., & Castro, J. J. (2013). *Realidad aumentada. Un enfoque práctico con ARToolKit y Blender*. Ciudad Real: Identíc. Retrieved from: <http://www.librerealidadaugmentada.com>
- Ibáñez, M. B., Di Serio, A., Villarán, D., & Delgado, C. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1-13. doi:10.1016/j.compedu.2013.09.004
- Johnson, L., Adams, S., & Cummins, M. (2012). *The NMC Horizon Report: 2012 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Ludgate, H. (2013a). *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., & Ludgate, H. (2013b). *NMC Horizon Report: 2013 K-12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Ludgate, H. (2013c). *NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Gago, D. García, E., & Martín, S. (2013). *NMC Perspectivas tecnológicas: Educación Superior en América Latina 2013-2018. Un análisis regional del Informe Horizon del NMC*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Kamarainen, A., Metcalf, Sh., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M., & Dede, Ch. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545-556. doi:10.1016/j.compedu.2013.02.018
- Kipper, G., & Rampolla, J. (2012). *Augmented reality*. Amsterdam: Syngress.
- Klopfer, E. (2008). *Augmented learning*. Cambridge, MA: MIT Press. doi:10.7551/mitpress/9780262113151.001.0001
- Ko, Ch-H., Chang, T., Chen, Y., & Hua, L. (2011). The Application of Augmented Reality to Design Education. In M. Chang, W.-Y. Hwang, M.-P. Chen, & W. Müller (Eds.), *Edutainment Technologies. Educational Games and Virtual Reality/Augmented Reality Applications* (pp. 20-24). Heidelberg Berlin: Springer.

- Kye, B., & Kim, Y. (2008). Investigation of the relationships between media characteristics, presence, flow, and learning effects in augmented reality based learning augmented reality. *International Journal*, 2(1), 4-14.
- Liu, T. Y. (2009). A context-aware ubiquitous learning environment for language listening and speaking. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25, 515-527. doi:10.1111/j.1365-2729.2009.00329.x
- Marín, V. (2012). *Los videojuegos y los juegos digitales como materiales educativos*. Madrid: Síntesis.
- Martínez, A., & Hermosilla, J. M. (2011). El blog como herramienta didáctica en el espacio europeo de educación superior. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 38, 165-175.
- Mishra, P., & Koehler, M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 0117-1054. doi:10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x
- Mullen, T. (2012). *Realidad aumentada. Crea tus propias aplicaciones*. Madrid: Anaya.
- Muñoz, J. M. (2013). Realidad Aumentada, realidad disruptiva en las aulas. *Boletín SCOPEO*, 82. Retrieved from: <http://scopeo.usal.es/realidad-aumentada-realidad-disruptiva-en-las-aulas/>
- Neven A. M., Hala, H., & Mohamed, I. (2011). ARSC: Augmented Reality Student Card An Augmented reality Solution for the educational field. *Computers and education*, 56, 1045-1061. doi:10.1016/j.compedu.2010.10.019
- Núñez Redó, I., Núñez Redó, M., Quirós Bauset, R., & Carda Castelló, J. B. (2008). Interactuando con las estructuras cristalinas. Realidad Aumentada aplicada al estudio y comprensión de estructuras cristalinas tridimensionales en Química Inorgánica. In *III Reunión INDOQUIM 2008, Innovación Docente en Química*. Cádiz: Servicio de Publicaciones de la UCA.
- Pasaréti, O., Hajdin, H., Matusaka, T., Jámbori, A., Molnár, I., & Tucsányi-Szabó, M. (2011). Augmented Reality in education. *INFODIDACT 2011 Informatika Szakmódszertani Konferencia*. Retrieved from: http://people.inf.elte.hu/tomint/infodidact_2011.pdf
- Pei-Hsun, E. L., & 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), 1-4. doi:10.1111/j.1467-8535.2012.01302.x
- Pérez-Fuentes, M. C., Álvarez-Bermejo, J. A., Molero, M^o, Gázquez, J. J., & López, M. A. (2011). Violencia escolar y rendimiento académico (VERA): aplicación de realidad aumentada. *European Journal of Investigation in Health, Education and Psychology*, 1(2), 71-84.
- Redondo, E., Sánchez, A., & Moya, J. (2012). La ciudad como aula digital. Enseñando urbanismo y arquitectura mediante mobile learning y la realidad aumentada. Un estudio de viabilidad y de caso. *Ace: Architecture, City and Environment*, 7(19). Retrieved from: <http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/12344>
- Rodríguez, M. (2013). Experimentando la realidad aumentada. *Integrando tecnología en el salón de clase*. Retrieved from: <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, 129-144.
- Squire, K., & Klopfer, E. (2007). Augmented reality simulations on handheld computers. *Journal of the Learning Sciences*, 16, 371-413. doi:10.1080/10508400701413435
- Tsai, M., Liu, P., & Yau, J. (2013). Using electronic maps and augmented reality-based training materials as escape guidelines for nuclear accidents: An exploratory case study in Taiwan. *British Journal of Educational Technology*, 44(1), 18-21. doi:10.1111/j.1467-8535.2012.01325.x
- Unesco (2011). *UNESCO Mobile Learning Week Report*. París: Unesco-Nokia.
- Unesco (2012). *Turning on mobile learning. Global Themes*. París: Unesco.
- Whitton, N. (2010). *Learning with digital games. A practical guide to engaging students in Higher Education*. London: Routledge.
- Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68, 570-585. doi:10.1016/j.compedu.2013.02.014

Como citar este trabajo:

Cabero, J. & Barroso, J. (2016). The educational possibilities of Augmented Reality. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 5(1), 44-50. doi: 10.7821/naer.2016.1.140

Con el fin de llegar a un mayor número de lectores, NAER ofrece traducciones al español de sus artículos originales en inglés. **Este artículo en español no es la versión original del mismo, sino únicamente su traducción.** Si quiere citar este artículo, por favor, consulte el artículo original en inglés y utilice la paginación del mismo en sus citas. Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Funded by: Ministry of Economy and Competitiveness, Spain.
Funder Identifier: <http://dx.doi.org/10.13039/501100003329>
Award: EDU2014-57446-P