

La realidad aumentada en la enseñanza universitaria

Augmented reality in university education

Cabero, J.  **Cabero, J.**

cabero@us.es

cabero@us.es

Barroso, J.  **Barroso, J.**

jbarroso@us.es

jbarroso@us.es

Llorente, C.  **Llorente, C.**

karen.llorente@gmail.com

karen.llorente@gmail.com

Universidad de Sevilla (España)

Universidad de Sevilla (España)

Resumen

El aumento del uso, así como de las posibilidades que ofrecen los dispositivos móviles, tablets o los smartphones en nuestra vida diaria, conlleva que dichas herramientas puedan ser incorporadas, sin costes adicionales, y con grandes posibilidades didácticas, en los contextos de formación universitaria. Este aspecto contribuye, sin lugar a duda, a la proliferación de tecnologías

Abstract

The increase in use, as well as the possibilities offered by mobile devices, tablets or smartphones in our daily lives, means that these tools can be incorporated, without additional costs, and with great didactic possibilities, in the contexts of university education. This aspect contributes without a doubt, to the proliferation of technologies such as Augmented Reality (AR), which allows,

como la Realidad Aumentada (RA), que permite, apoyándose en los dispositivos anteriormente comentados, facilitar la combinación de información digital e información física en tiempo real. En el presente artículo no se presentará la problemática de la conceptualización de la RA, sino que se pretende ofrecer una visión a través del análisis de dos de las variables que pueden ser consideradas como limitantes en el uso de ésta tecnología en los contextos universitarios: la falta de investigaciones, y los pocos objetos de aprendizaje generados en formato RA (todo ello sin olvidar la necesidad de contar con marcos teóricos para facilitar su incorporación educativa). Asimismo, es necesario partir de hecho de que, si se pretende que dicha tecnología se incorpore a la formación universitaria, es imprescindible que las Universidades creen y potencien centros de producción que faciliten y/o ayuden al docente para su producción. Y ello, no porque algunos objetos no puedan ser producidos por los propios docentes, sino porque objetos complejos requieren el manejo de programas complejos, así como de la elaboración de recursos de cierta, mucha, dificultad.

Palabras clave: realidad aumentada, diseño instruccional, producción materiales multimedia, evaluación multimedia, enseñanza superior.

using the aforementioned devices, to facilitate the combination of digital information and physical information in real time. In this article the problem of the conceptualization of the RA wont be presented, but its intended to offer a vision through the analysis of two of the variables that can be considered as limiting in the use of this technology in the university contexts: lack of research, and the few learning objects generated in RA format (all without forgetting the need to have theoretical frameworks to facilitate their educational incorporation). Likewise, its necessary to start from the fact that, if this technology is to be incorporated into university education, its essential that universities create and strengthen production centers that facilitate and/or help the teacher to produce them. And this, not because some objects can not be produced by the teachers themselves, but because complex objects require the management of complex programs, as well as the elaboration of resources of certain, much, difficulty.

Key words: augment Reality, instructional design, multimedia production materials, multimedia evaluation, higher education.

Introducción

La “Realidad Aumentada” (“Augmented Reality”) (RA) es una tecnología que facilita la combinación de la información digital y la información física en tiempo real. Por lo general, se realiza a través de diferentes dispositivos móviles (Cabero y García, 2016), como son las tablets y los smartphones, lo cual repercute en facilitar su incorporación en la enseñanza sin costes adicionales, pues son tecnologías que poseen la gran mayoría

de los estudiantes, y además presentan actitudes positivas hacia ellas. (Banza, 2017; Lagunes-Domínguez *et al.*, 2017; Seifert *et al.*, 2019).

Tal es la significación de la RA, que en diferentes proyectos, como los Horizon, los EduTrends (Tecnológico de Monterrey, 2016), o los informes elaborados por la Open University (Ferguson, *et al.*, 2017), la presentan como una tecnología emergente, con fuertes posibilidades de implantación en el sistema educativo.

No se va a profundizar en la problemática de la conceptualización de la RA, ya que ha sido abordada en diferentes trabajos, a los cuales se puede remitir el lector interesado (Villalustre y Del Moral, 2016; Cabero, De la Horra y Sánchez, 2018). Indicar únicamente, que es una tecnología que permite a los usuarios ver e interactuar en tiempo real con imágenes virtuales superpuestas sobre el mundo real, siendo necesario para ello la participación del sujeto para la concreción y elaboración de los mensajes y productos tecnológicos.

Sus características definitorias se pueden concretar en: ser una realidad mixta, integrada en tiempo real, que incorpora información de diferentes fuentes (vídeo, 3D, audio, páginas web,...), que es interactiva y ofrece diferentes niveles de interacción, y que enriquece o altera la información de la realidad física donde se integra.

De acuerdo con diferentes autores, sus posibilidades educativas son diversas, como por ejemplo, las que apuntan Cubillo *et al.* (2014), Radu (2014), Han *et al.* (2015) o Akçayır y Akçayır (2017): a) presentar exclusivamente la información relevante eliminando la que pueda entorpecer su adquisición por el estudiante; b) enriquecer la información de la realidad para hacerla más comprensible; c) poder observar un objeto desde diferentes puntos de vista seleccionando el estudiante la posición de observación; d) pueden ser utilizados en los diferentes niveles de enseñanza; e) potencia el aprendizaje ubicuo; f) favorece el desarrollo de un aprendizaje activo; g) crea escenarios formativos altamente motivantes para los estudiantes; h) crea escenarios “artificiales” seguros para los estudiantes como pueden ser laboratorios o simuladores, donde puedan realizar sus prácticas de enseñanza; i) enriquecer los materiales impresos con información adicional en diferentes soportes; j) puede utilizarse en diferentes asignaturas y disciplinas, k) propiciar que los estudiantes se conviertan en productores de objetos de aprendizaje en RA; l) puede mejorar el procesamiento divergente; m) el sujeto permanece en el mundo real y por tanto no pierde la contextualización, y n) favorece el desarrollo del aprendizaje descontextualizado.

Por lo que se refiere a sus limitaciones, también diferentes autores (Bower *et al.*, 2014; Saidin *et al.*, 2015; Nielsen *et al.*, 2016; Alkhatabi, 2017; Wang, 2017) las concretan en las siguientes: a) existen más desarrollos tecnológicos que prácticas educativas; b) la novedad está llevando a una falta de reflexión teórica; c) falta de fundamentación de modelos teóricos para su incorporación; d) faltan materiales educativos; e) dificultad de manejo en determinados contextos; f) la falta de experiencia de interacción con estos objetos por los estudiantes; la lentitud de internet en las escuelas; g) formación del profesorado; y h) limitadas investigaciones.

Y es precisamente sobre dos de ellas, como son la falta de investigaciones, y los limitados objetos de aprendizaje disponibles, sobre las que se centra el presente artículo. Pero antes, señalar que la escenografía tecnológica que se crea con la RA repercute

fácilmente para poder caer en cierto encantamiento tecnológico cuando se incorpora a la enseñanza. Todo ello provoca la necesidad de contar con marcos teóricos para facilitar y justificar su incorporación educativa.

De todas formas, aun reconociendo la falta de cobertura teórica para justificar su incorporación a la enseñanza, tampoco se puede negar que se están llevando a cabo propuestas de utilización que parten de la idea de que las soluciones de incorporación no pueden residir en un único paradigma educativo, sino más bien en una mezcla de enfoques pedagógicos (Tarng y Ou, 2012; Bower *et al.*, 2014). Y, en este sentido, el aprendizaje constructivista, aprendizaje situado, aprendizaje inductivo, y aprendizaje basado en juegos son los que se presentan con fuertes posibilidades para la fundamentación. Por otra parte, la teoría de la variación, formulada inicialmente por Mazur (1997), sugiere que las situaciones enriquecedoras del aprendizaje son aquellas que ponen en una situación al estudiante donde tiene que experimentar o analizar para cambiar su concepción inicial, y donde también puede aportar pistas y sugerencias para su utilización educativa. En este sentido, existen una síntesis de las teorías de aprendizaje en las cuales se puede apoyar su utilización educativa (Figura 1).



Figura 1. Modelos teóricos que le pueden dar cobertura teórica a la utilización educativa de la RA.

Finalmente, indicar que los usos que se pueden hacer de la RA en la enseñanza son bastante diversos, y así Estapa y Nadolny (2015) los establecen en cinco: 1) participación en el aprendizaje; 2) inmersión y presencia en el contenido; 3) situar el aprendizaje en una ubicación o contexto; 4) autenticar el contenido; y 5) construir comunidad. Todos estos usos se pueden ampliar con los de construcción de objetos de aprendizaje en RA por parte de los estudiantes (Barroso y Gallego, 2017; Cabero, Barroso y Gallego, 2018), y ser empleados para la simulación de fenómenos, tal como señalan Guzmán y Del Moral (2018).

Aportaciones desde la investigación educativa sobre la utilización educativa de la RA

Se debe partir de la falta de investigaciones y estudios que sobre esta tecnología se han realizado para incorporación educativa, y además hay que tener en cuenta que

han existido más desarrollos tecnológicos y experiencias de innovación educativa que investigaciones propiamente definidas. Tampoco se puede olvidar el hecho, como han sugerido Akçayır y Akçayır (2017), en un reciente metaanálisis de investigaciones, que está existiendo un aumento progresivo del número de investigaciones en RA durante los últimos cuatro años, hecho que también se puede comprobar en el contexto académico español, a través del aumento de sus publicaciones científicas.

Aunque la gran mayoría de las investigaciones sobre el uso educativo de la RA son de naturaleza reciente, en los últimos tiempos, se han realizado diferentes trabajos que han aportado hallazgos para justificar su incorporación a la práctica educativa. Y, antes de indicar algunos de los resultados obtenidos, señalar la conclusión a la que llegan Tekedere y Göker (2016) en el metaanálisis de investigación que realizan entre 2005-2015, en el cual indican que el tamaño del efecto promedio de las aplicaciones de RA en educación es de 0,677. En otras palabras, que las aplicaciones realizadas mediante el uso de la tecnología de RA en la educación tuvieron un efecto positivo en los estudiantes, y que este efecto fue de un nivel medio, lo que sugiere que no se debería subestimar su incorporación a la enseñanza.

Un gran volumen de investigaciones se han centrado en analizar el grado de satisfacción que los estudiantes mostraban tras participar en experiencias formativas con objetos de aprendizaje en RA (Han *et al.*, 2015; Pérez-López, 2015; Fonseca *et al.*, 2016; Rodríguez *et al.*, 2016; Hsu *et al.*, 2017; Joo *et al.*, 2017). Y, en este sentido, los resultados son concluyentes: los alumnos muestran altos niveles de satisfacción cuando participan en experiencias de este tipo, y ello es independiente del nivel de estudios en el cual se realice la experiencia, así como de los contenidos curriculares sobre los que versaba. En cierta medida, relacionado con lo comentado anteriormente -y que también ha sido una constante en las investigaciones realizadas donde se ha contemplado como variable de investigación-, es que los alumnos, cuando han estado expuestos a experiencias de interacción con objetos de aprendizaje en RA, aumentan su motivación hacia la experiencia de aprendizaje, y también hacia los contenidos tratados (Chiang *et al.*, 2014; Barba *et al.*, 2015; Bicen y Bal, 2016; Nielsen *et al.*, 2016; Cheng, 2017). Ello es explicado por diferentes motivos: la posibilidad que ofrecen para representar los contenidos de diversas formas; el enriquecer los libros y apuntes con documentos audiovisuales y multimedia; el concretar la información; y el que permite que los estudiantes interactúen con los objetos. Es más, y como señala Cheng (2017), solo cuando las percepciones de los estudiantes sobre algunos factores motivacionales -como la atención o la confianza- fueron significativas, la utilidad percibida y la carga cognitiva, repercuten en obtener resultados positivos en la experiencia.

Una de las preocupaciones a considerar en el terreno de la Tecnología Educativa es considerar si la incorporación de TIC mejora los aprendizajes que deben adquirir los estudiantes, o facilitan la adquisición de algunos diferentes. Y en este aspecto, los resultados son contradictorios y varían entre los que indican su mejora (Pedraza y Valbuena, 2014; Santos *et al.*, 2016; Alvarez-Marin *et al.*, 2017), y los que señalan que no se ve afectado o que el aprendizaje disminuye (Pérez-López, 2014; Santos *et al.*, 2014).

Todo ello es explicado por diversos motivos: el peor rendimiento de las aplicaciones RA en los teléfonos móviles disponibles en la actualidad, ya que algunas de las aplicaciones requieren bastante capacidad y rapidez de procesamiento; la

conectividad wifi existente en los centros educativos; y por último, la desorientación cognitiva que sufren ciertos estudiantes al interactuar con objetos en RA. De todas formas, es importante tener en cuenta que los resultados pueden variar debido a la metodología concreta que sea aplicada por el docente. Relacionado con lo anterior, existe la problemática de la usabilidad de los objetos producidos en RA. Y, en este sentido, el trabajo de Videla *et al.* (2017), pone de manifiesto que los entornos no táctiles resultan, en general, agotadoras para el usuario, dado el tiempo que han de permanecer con las manos en alto. Sigue apuntando el estudio que, una de las formas de resolverlo, es diseñarlos como tareas educativas en lugar de como simples espacios de ocio para el estudiante, ya que una navegación totalmente abierta afecta de forma negativa al tiempo de interacción con el objeto. Diferentes investigaciones han puesto de manifiesto que la utilización de objetos de aprendizaje en RA mejoran la inteligencia y las habilidades espaciales de los estudiantes (Lee *et al.*, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2016; Del-Cerro-Velázquez y Morales-Méndez, 2017), la orientación espacial (Carbonnel y Bermejo, 2017), y la comprensión visual (Alvarez-Marin *et al.*, 2017). Todos estos hechos facilitan su incorporación a disciplinas como las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (Ibáñez, y Delgado-Kloos, 2018).

Una de las posibilidades de incorporación de la RA en la formación es bajo la forma de libros y apuntes enriquecidos con objetos de RA, que consiste en que partes específicas de libros físicos tradicionales sean utilizados como interfaz o marcadores para aumentar sus contenidos virtualmente. Libros y apuntes sobre los que se han realizado diferentes investigaciones, y que han señalado que los alumnos los perciben con menos carga cognitiva, mayor motivación y más actitudes positivas cuando han tenido experiencias de interacción con este tipo de materiales, mejorando con ello el rendimiento académico (Martín-Gutiérrez *et al.*, 2015; Nadolny, 2016; Ferrer *et al.*, 2016; Cheng, 2017).

Esta modalidad ha sido analizada en diferentes investigaciones realizadas en el proyecto RAFODIUN (Figura 2), encontrándose su fuerte aceptación por parte de los estudiantes, el aumento de la motivación, y la facilidad de adquisiciones de los contenidos presentados (Garay, Tejada y Castaño, 2017; Garay, Tejada y Maiz, 2017; Cabero y Barroso, 2018).



Figura 2. Ejemplos de apuntes enriquecidos con objetos de RA.

Diferentes investigaciones empiezan a apuntar también la significación que esta tecnología tiene en combinación con otras, como el *e-learning* (Reinoso, 2016), ya que en algunos casos, los estudiantes deben utilizar laboratorios virtuales y de simulación, y con la RA se puede crear un entorno virtual que facilite la realización de prácticas por parte del estudiante. También en contextos de *b-learning*, en los cuales se combinan las acciones formativas presenciales y virtuales, y los objetos de RA pueden utilizarse tanto para la realización de prácticas como para la incorporación en acciones de “flipped classroom”.

La producción de objetos en RA: la experiencia del SAV de la Universidad de Sevilla

El “Secretariado de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías” (SAV) de la Universidad de Sevilla (<http://sav.us.es/>) es una institución creada por la Universidad de Sevilla que persigue la siguiente función, tal y como se declara en su propia web:

Impulsar la utilización de las TIC en la enseñanza universitaria, tanto en lo que respecta a la docencia, como a la investigación y actividades de extensión universitaria. Al mismo tiempo se persigue la optimización de las mismas y la mejora en su gestión, en aras a lograr un eficaz y eficiente servicio a la comunidad universitaria en particular y, en general, a la sociedad.

Por tanto, se dedica a la producción de objetos de aprendizaje en diferentes soportes, siendo uno de ellos la RA y la Realidad Virtual (RV) para ser utilizados en los contextos de la formación universitaria. Señalar que, básicamente su producción se lleva a cabo a partir de convocatorias a la cual se presenta el profesorado de la Universidad de Sevilla a través del plan propio de docencia (<https://planpropio.us.es/>), que posee una línea específica para la producción de objetos de aprendizaje en RA y RV.

Las convocatorias comenzaron hace cuatro años, y las producciones de los objetos asociadas a las mismas surgieron hace cinco años, lo que han permitido la producción de objetos en diferentes formatos:

- Realidad Aumentada: <https://ra.sav.us.es/index.php/realidad-aumentada>
- Realidad Ampliada: <https://ra.sav.us.es/index.php/realidad-ampliada>
- Realidad Virtual: <https://ra.sav.us.es/index.php/realidad-virtual>

En el artículo, se centrará la atención en los objetos producidos en RA, los cuales todos los que han sido producidos, se encuentran en abierto para su utilización por cualquier docente.

Señalar que no se abordará en el presente documento el proceso seguido para la producción de los objetos en RA y de los materiales que se le piden al docente que debe entregar para ello; el lector interesado puede analizarlo en el trabajo elaborado por Cabero, García-Jiménez y Barroso (2016).

Para la ubicación de los objetos en RA se creó un portal específico (Figura 3). En dicho portal, la persona interesada se encontrará con una serie de información:

descripción del objeto producido, categoría a la que pertenece, vídeo explicativo del funcionamiento del objeto, profesorado que lo ha elaborado, categoría del objeto, zona de descarga de las *app*, material de acompañamiento, asignatura de utilización y personal que lo ha elaborado.

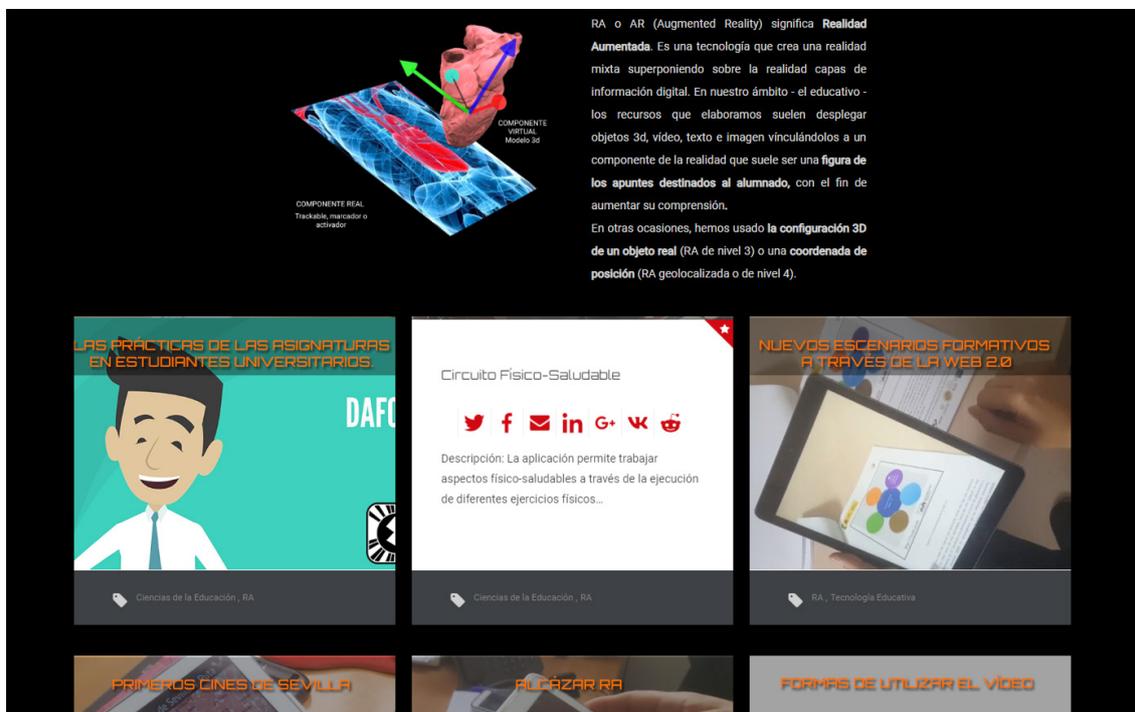


Figura 3. Portal del SAV de la RA.

El número de objetos producidos hasta la fecha se acerca a los setenta, y se han elaborado para diferentes asignaturas, tales como: economía aplicada, bellas artes, biología, ciencias de la comunicación, arquitectura, tecnología educativa, arquitectura, paleografía, historia del arte, anatomía, actividad física y del deporte, didáctica de la música, intervención en pintura, ingeniería gráfica, urbanística y ordenación del territorio, fisioterapia, cirugía bucal, histología, fisiología, recorrido artístico, química, y matemática aplicada. Tal producción, y con un carácter tan diverso, permite señalar que son objetos de aprendizaje que alcanzan una amplia diversidad de disciplinas científicas, siendo lo único que puede limitar su producción la creatividad que se tenga para ello.

Los objetos fueron, por lo general, producidos para su funcionamiento en Android e iOS. Por otro lado, es necesario apuntar que, en función del tipo de lanzador o “trackable” utilizado, se pueden distinguir distintos niveles de RA:

- Nivel 1: RA realizada sobre un patrón en blanco y negro.
- Nivel 2: Una imagen.
- Nivel 3: Una entidad en 3D.
- Nivel 4: Un punto determinado por sus coordenadas GPS.
- Nivel 5: Una huella termal.

Es de señalar que, los objetos producidos cuentan con una guía (Figura 4), en la cual se incorporan diferentes elementos para una correcta utilización por parte de los estudiantes o de otros profesores que tomen la decisión de utilizar el recurso; en dicha guía se describen diferentes aspectos, que van desde los objetivos que se persiguen, la zona de descarga de la *app*, forma en la cual se aconseja utilizar el recurso, o actividades que se pueden realizar tras su utilización.

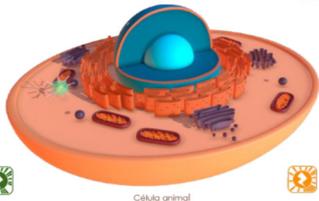
TIPOS DE CÉLULAS EUCARIOTAS: LA CÉLULA ANIMAL Y VEGETAL

Hay dos tipos fundamentales de células eucariotas, la célula animal y la vegetal, cuyas principales diferencias se recogen en la tabla adjunta.

Diferencia	Animal	Vegetal
Pared	-	+
Vacuola	-o pequeñas	+
Cloroplasto	-	+
Regulación presión osmótica	Bomba Na ⁺ /K ⁺	Vacuola y pared celular
Centriolos	+	-
Lisosomas	+	-
glioxisomas	-	+



Célula vegetal



Célula animal

Autores

- * Rosa M^a Giráldez Pérez
- * José Torreblanca López
- * Inmaculada Sánchez Aguiro
- * Francisco J. Moreno Osorato

DPTO. BIOLOGÍA CELULAR
Universidad de Sevilla

Equipo Técnico

- * Fernando García
- * Arturo Molina
- * Inés Casado

Modelado 3D
Reyes Reguera

SECRETARIADO DE RECURSOS
AUDIOVISUALES Y NUEVAS

Células animal y vegetal



Recursos de
Realidad Virtual
y Aumentada en la US

Instrucciones para Realidad Aumentada

- En material impreso: Descargar Zappar y enfocar las imágenes

- En versión electrónica: Haga click en las imágenes.

Figura 4. Ejemplo de guía.

Finalmente, indicar que muchos de los objetos producidos han sido evaluados en contextos reales de enseñanza, encontrándose que los estudiantes muestran elevados grados de satisfacción sobre su utilización, altos niveles de motivación respecto a los contenidos, evaluación positiva respecto a su usabilidad, y calidad técnica y estética.

A modo de conclusión

Aunque la investigación ha aportado diferentes argumentos significativos para su incorporación a la enseñanza –como el aumento del rendimiento académico o la potenciación de la motivación–, se hace necesario aumentar los estudios sobre la incorporación de dicha tecnología en el ámbito educativo. Entre otros motivos, porque la gran mayoría de las investigaciones que se han desarrollado se centran en acciones puntuales, y sin embargo, se requiere la puesta en acción de estudios longitudinales.

Por otro lado, los resultados alcanzados en las investigaciones, permiten indicar con claridad que la tecnología de la RA puede ser incorporada a la enseñanza universitaria para facilitar la adquisición de conocimientos por parte de los estudiantes. Y ello, posiblemente, se deba a una serie de aspectos, entre los que podríamos destacar: el contexto interactivo y participativo que crea para los estudiantes, así como los niveles de satisfacción; y, por otro lado, la motivación y aceptación que esta tecnología despierta en los estudiantes. De todas formas, y a modo de reflexión final, es hace necesario reclamar una serie de aspectos:

- a. Aumentar la producción de estos recursos para favorecer el trabajar con diversidad de unidades de aprendizaje, así como la necesidad de abarcar una mayor amplitud de disciplinas.

- b. Utilizar otros instrumentos de recogida de información, pues en la gran mayoría de las investigaciones se utilizan autoinformes, los cuales presentan una serie de dudas metodológicas. Por ello, sería conveniente ampliarlos con otras técnicas de recogida de la información, tales como la observación no participante y las entrevistas en profundidad.
- c. Sería conveniente contemplar otras variables psicológicas para poder analizar su potencialidad educativa, como pueden ser los estilos y enfoques de aprendizaje, así como el tipo de interacción que los sujetos pueden crear con los objetos de RA en función de sus diferentes tipos de inteligencias.
- d. Es importante investigar sobre el diseño de estos objetos de aprendizaje para buscar, por una parte, principios para su accesibilidad, y por otra, para disminuir la carga cognitiva que le genera al estudiante el interaccionar con algunos de estos objetos.

Finalmente, señalar que, si se desea que dicha tecnología se incorpore a la formación universitaria es necesario que las Universidades creen centros de producción que les faciliten y/o ayuden al docente para su realización. Y ello no porque algunos objetos no puedan ser producidos por ellos mismos de manera autodidacta -la experiencia ha demostrado que hasta los alumnos pueden llegar a producirlos de manera autónoma- pero, objetos complejos, requieren el manejo de programas complejos, teniendo en cuenta y siendo conscientes de que la elaboración de estos recursos requieren de cierta, mucha, dificultad.

Referencias bibliográficas

- Akçayır, M. y Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Alkhatabi, M. (2017). Augmented Reality as E-learning Tool in Primary Schools' Education: Barriers to Teachers' Adoption. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(2), 91-100. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i02.6158>
- Alvarez-Marin, A., Castillo-Vergara, M., Pizarro-Guerrero, J. y Espinoza-Vera, E. (2017). Realidad Aumentada como Apoyo a la Formación de Ingenieros Industriales. *Formación Universitaria*, 10(2). <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000200005>
- Banza, D. (2017). *Las actitudes de los alumnos de enseñanza básica (2º y 3º ciclo) del municipio de Baje ante la seguridad en Internet*. Badajoz: Departamento de Ciencias de la Educación Universidad de Extremadura. Tesis doctoral inédita.
- 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 S.L.
- Barroso, J. y Gallego, O. (2017). Producción de recursos de aprendizaje apoyados en Realidad Aumentada por parte de los estudiantes de magisterio. *Edmetíc. Revista de Educación Mediática y TIC.*, 6, 1, 23-38. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v6i1.5806>

- Bicen, H. y Bal, E. (2016). Determination of student opinions in augmented reality. Determination of student opinions in augmented reality. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 8(3), 205-209, <https://doi.org/10.18844/wjet.v8i3.642>
- Cabero, J. y Barroso, J. (2016). The educational possibilities of Augmented Reality. NAER. *New Approaches in Educational Research*, 5(1), 44-50. <https://doi.org/10.7821/naer.2016.1.140>
- Cabero, J. y Barroso, J. (2018). Los escenarios tecnológicos en Realidad Aumentada (RA): posibilidades educativas en estudios universitarios. *Aula Abierta*, 47(3), 327-336. <https://doi.org/10.17811/rifie.47.3.2018.327-336>
- Cabero, J., Barroso, J. y Gallego, O. (2018). La producción de objetos de aprendizaje en realidad aumentada por los estudiantes. Los estudiantes como prosumidores de información. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 11, 15-46.
- Cabero, J. y García, F. (coords.) (2016). *Realidad aumentada. Tecnología para la formación*. Madrid: Síntesis.
- Cabero, J. De la Horras, I. y Sánchez, J.M. (coords.) (2018). *La Realidad aumentada como herramienta educativa. Aplicación a la Educación Infantil, Primaria, Secundaria y Bachillerato*. Madrid: Pirámide.
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A. A. y Grover, D. (2014). Augmented Reality in education – cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Carbonell, C. y Bermejo, L. (2017). Landscape interpretation with augmented reality and maps to improve spatial orientation skill. *Journal of Geography in Higher Education*, 41(1), 119-133. <https://doi.org/10.1080/03098265.2016.1260530>
- Cheng, K-H. (2017). Reading an augmented reality book: An exploration of learners' cognitive load, motivation, and attitudes. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(4), 53-69 <https://doi.org/10.14742/ajet.2820>.
- Chiang, T. Yang, S. y Hwang, G. (2014). Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. *Computers & Education* 78, 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.05.006>
- Cubillo, J., Martín, S., Castro, M. y Colmenar, A. (2014). Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *RIED*, 17(2), 241-274. <https://doi.org/10.5944/ried.17.2.12686>
- Del-Cerro-Velázquez, F. y Morales-Méndez, G. (2017). Realidad Aumentada como herramienta de mejora de la inteligencia espacial en estudiantes de educación secundaria. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 53. <https://doi.org/10.6018/red/54/5>
- Díaz Noguerras, D., Toledo, P y Hervás, C. (2017). Augmented Reality Applications Attitude Scale (ARAAS): Diagnosing the Attitudes of Future Teachers. *The New Educational Review*, 50(4), 215-226.
- Estapa, A. y Nadolny, L. (2015). The Effect of an Augmented Reality Enhanced Mathematics Lesson on Student Achievement and Motivation. *Journal of STEM Education*, 16(3), 40-48.

- Ferguson, R., Barzilai, S., Ben-Zvi, D., Chinn, C. A., Herodotou, C., Hod, Y., ... y Rienties, B. (2017). *Innovating Pedagogy 2017: Open University Innovation Report 6*. Milton Keynes: The Open University, UK.
- Fonseca, D., Redondo, E. y Valls, F. (2015). Motivación y mejora académica utilizando realidad aumentada para el estudio de modelos tridimensionales arquitectónicos. *Education in the Knowledge Society, EKS, 17*(1), 45-64. <https://doi.org/10.14201/eks20161714564>
- Garay, U., Tejada, E. y Maiz, I. (2017). Valoración de objetos educativos enriquecidos con realidad aumentada: una experiencia con alumnado de máster universitario. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 50*, 19-31. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2017.i50.01>
- Gutiérrez, E., Jiménez, F., Ariza, A. y Taguas, J. (2016). DiedricAR: a mobile augmented reality system designed for the ubiquitous descriptive geometry learning. *Multimed Tools Appl., 75*, 9641-9663. <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3384-4>
- Guzmán, A. y Del Moral, E. (2018). Percepción de los universitarios sobre la utilidad didáctica de los simuladores virtuales en su formación. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 53*, 41-60. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2018.i53.03>
- 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*, 455-474. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9374-9>
- Hsu, Y., Lin, Y. y Yang, B. (2017). Impact of augmented reality lessons on students' STEM interest. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 12*(2), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s41039-016-0039-z>
- Ibáñez, M. y Delgado-Kloos, C. (2018). *Augmented reality for STEM learning: A systematic review*. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Joo, J., Martínez, F. y García-Bermejo, J. R (2017). Realidad Aumentada y Navegación Peatonal Móvil con contenidos Patrimoniales: Percepción del aprendizaje. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 20*(2), 93-118. <https://doi.org/10.5944/ried.20.2.17602>
- Lagunes-Domínguez, A., Torres-Gastelú, C., Angulo-Armenta, J. Martínez-Olea, M. (2017). Prospectiva hacia el Aprendizaje Móvil en Estudiantes Universitarios. *Formación universitaria, 10*(1). <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000100011>
- Lee, I., Chen, Ch. y Chang, K. (2016). Augmented reality technology combined with three-dimensional holography to train the mental rotation ability of older adults. *Computers in Human Behavior, 65*, 488-500. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.09.014>
- Martínez, S. y Fernández, B. (2018). Objetos de realidad aumentada: percepciones del alumnado de pedagogía. *Pixel-Bit. Revista de Medios y educación, 53*, 207-220, <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2018.i53.14>
- Martín-Gutiérrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M^a y Mora, C. (2015). Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education. *Computers in Human Behavior, 51*, 752-761. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.093>

- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Prentice Hall: New Jersey. <https://doi.org/10.1063/1.881735>
- Nadolny, L. (2016). Interactive print: The design of cognitive tasks in blended augmented reality and print documents. *British Journal of Educational Technology*, 48(3), 1-10. <https://doi.org/10.1111/bjet.12462>
- Nielsen, B., Brandt, H. y Swensen, H. (2016). Augmented Reality in science education – affordances for student learning. *NorDina*, 12(2), 157-174. <https://doi.org/10.5617/nordina.2399>
- Pedraza, L.E. y Valbuena, S. (2014). Plataforma móvil con realidad aumentada para la enseñanza de los cálculos. *Ventana Informática*, 30, 205-216.
- Pérez-López, D. (2015). eJUNIOR: Sistema de Realidad Aumentada para el conocimiento del medio marino en educación primaria. *Quid*, 24, 35-42.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>
- Reinoso, R. (2016). Realidad aumentada posibilidades y usos educativos, en Baldiris, S. y otros (eds) *Recursos Educativos Aumentados Una oportunidad para la inclusión*. Colombia: Sello Editorial Tecnológico Comfenalco.
- Rodríguez, A., Naranjo, M., y Duque, N. (2016). Prueba de usabilidad y satisfacción en objetos de aprendizaje con Realidad Aumentada en aplicaciones móviles, En Baldiris, S. y otros (eds) *Recursos Educativos Aumentados Una oportunidad para la inclusión*. Colombia: Sello Editorial Tecnológico Comfenalco, 56-65.
- Saidin, N., Halim, N. y Yahaya, N. (2015). A Review of Research on Augmented Reality in Education: Advantages and Applications. *International Education Studies*, 8(13), 1-8. <https://doi.org/10.5539/ies.v8n13p1>
- Santos, M. Wolde, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Rodrigo, M., Sandor, Ch. y Kato, H. (2016). Augmented reality as multimedia: the case for situated vocabulary learning. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 11(4), 1- 23. <https://doi.org/10.1186/s41039-016-0028-2>
- Seifert, T., Hervás, C. y Toledo, P. (2019). Diseño y validación del cuestionario sobre percepciones y actitudes hacia el aprendizaje por dispositivos móviles. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 54, 45-64. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i54.03>
- Tarng, W. y Ou, K.-L. (2012). A study of campus butterfly ecology learning system based on augmented reality and mobile learning. In *IEEE Seventh International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMUTE)*. Takamatsu: IEEE. <https://doi.org/10.1109/WMUTE.2012.17>
- Tecnológico de Monterrey (2016). *EduTrends. Radar de Innovación Educativa de Preparatoria. 2016*. Monterrey: Tecnológico de Monterrey.
- Tekedere, H. y Göker, H. (2016). Examining the Effectiveness of Augmented Reality Applications in Education: A Meta-Analysis. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(16), 9469-9481.

Videla, A. Sanjuán, S. Martínez, A. y Seoane, A. (2017). Diseño y usabilidad de interfaces para entornos educativos de realidad aumentada. *Digital Education Review*, 31, 61-79. <http://hdl.handle.net/2183/19294>

Villalustre, L. y Del Moral, M.E. (coords.) (2016). *Experiencias interactivas con realidad aumentada en el aula*. Barcelona: Octaedro.