

Educación Médica Superior, Vol. 32, Núm. 4 (2018)

ARTÍCULO ORIGINAL

Realidad Aumentada para aumentar la formación en la enseñanza de la Medicina

The Use of Augmented Reality in the Medical Teaching of Anatomy: Student's Acceptance and Motivation

Julio Cabero Almenara,^I Julio Barroso Osuna,^I Ángel Puentes
Puente,^{II} Ivanovvna Cruz Pichardo^{II}

^I Universidad de Sevilla. España.

^{II} Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. República
Dominicana.

RESUMEN

Introducción: La adopción de alternativas digitales a modelos físicos mediante las tecnologías de realidad aumentada se presenta como una alternativa en la enseñanza de la medicina.

Objetivo: Conocer el grado de aceptación y motivación que la realidad aumentada despierta en los estudiantes de medicina.

Método: Se realizó un estudio durante el curso académico 2016 - 2017, en el que participaron 50 estudiantes de Medicina, que cursaban la asignatura de "Anatomía Humana I" en la Universidad de Sevilla. Se utilizaron para el análisis de la motivación el "Instructional Material Motivational Survey", para el grado de aceptación se aplicó el "The Technology Acceptance Model" y un tercer instrumento donde los estudiantes evaluaron los objetos de aprendizaje.

Resultados: Revelaron la valoración positiva de los estudiantes hacia a la Realidad Aumentada por sus beneficios didácticos: motivación, aceptación, adquisición de conocimientos, entre otros.

Conclusiones: Los objetos diseñados fueron valorados positivamente por los estudiantes, fáciles de descargar y de instalar en sus dispositivos. Siendo importante los resultados ya que fueron obtenidos con diversos objetos preparados para el estudio.

Palabras clave: realidad aumentada; Ciencias de la Salud; recursos didácticos; objetos de aprendizaje.

ABSTRACT

Introduction : The choice of digital alternatives over physical models through augmented reality technologies is presented as an alternative in the teaching of medicine.

Objective : To know the degree of acceptance and motivation that augmented reality causes among medical students.

Methods : A study was carried out during the academic year 2016-2017 with the participation of 50 medical students, who were coursing the subject Human Anatomy I at the University of Seville. For the motivation analysis, we used the "Instructional Material Motivational Survey"; for the degree of acceptance, we applied "The Technology Acceptance Model"; we also used a third instrument for the students to evaluate the learning objects.

Results : The results revealed the students' positive assessment about augmented reality based on its didactic benefits: motivation, acceptance, acquisition of knowledge, among others.

Conclusions : The designed objects were positively rated by the students, easy to download and install on their devices. The results are important, since they were obtained with diverse objects prepared for the study.

Keywords : augmented reality; health sciences; didactic resources; learning objects.

INTRODUCCIÓN

La Realidad Aumentada como tecnología emergente: posibilidades y características

Una de las tecnologías emergente que está incorporándose muy fuerte a la sociedad es la "Realidad Aumentada" (RA), alcanzando a diferentes sectores que van desde el ocio, el marketing, el sector bibliotecario o la publicidad;^{1,2} relevancia que está llegando a que el periódico "The New York Times" la haya incorporado para ofrecer información adicional sobre los pasados Juegos Olímpicos de Seúl. Tecnologías emergentes que, como indican Sosa, Salinas, y De Benito,³ se "refieren a recursos, artefactos, herramientas, conceptos e innovaciones, asociados a lo digital, que tienen un potencial disruptivo de transformar o generar cambios en los procesos donde se utilizan sin importar si estas son nuevas o viejas tecnologías".

De esta penetración no se salvan las instituciones educativas, ya que como ponen de manifiesto diferentes informes,^{4,5} su penetración está siendo en un período de tiempo más corto de lo que de manera inicial se podría imaginar. Ello se debe entre otros motivos, a que los dispositivos usuales para su utilización, observación e interacción como

son las tablet y smartphones, tienen una fuerte presencia entre los estudiantes, sobre todos entre los universitarios.⁶

Las formas de definir la RA son diversas, por una parte, se puede hacer estableciendo la separación entre la virtualidad y la realidad, y por otra, indicando las diferencias que posee respecto a la "Realidad Virtual" (RV), aspectos que han sido tratados en diferentes trabajos como en el coordinado por *Cabero y García*,⁷ que señalan, que es una tecnología que facilita la combinación de información digital e información física en tiempo real, por medio de distintos soportes tecnológicos, algunos muy tradicionales como los móviles, las webcams y las tablet y otros más novedosos como las gafas de visión especiales, consiguiendo de esta forma una nueva realidad, y el enriquecimiento de la realidad física con información adicional, todo ello con la participación del sujeto. Por lo que se refiere a sus diferencias con la RV, se puede decir que mientras ésta última lo que crea es una nueva realidad, donde la realidad virtual sustituye completamente a la realidad física, en la RA ambos datos se combinan.

Como tecnología, la RA, posee una serie de características específicas que la hacen interesante para ser utilizada en diferentes sectores como son: es una realidad mixta, la integración se produce de forma coherente en tiempo real, permite la integración de diferentes fuentes y formatos de información (texto, 3D, sitios web, vídeos, ...), es interactiva, para la construcción del contenido debe intervenir la persona para que el resultado final se produzca, y que mediante su utilización se enriquece o altera la información de la realidad con la información que se le integra.⁷

Señalar que se pueden distinguirse varios tipos de RA en función del tipo de lanzador o activador que se utilice, encontrándose por lo general tres posibilidades:

Códigos QR (la interacción se produce a través de códigos bidimensionales en forma de cuadrado en el que se puede almacenar diversa información alfanumérica que luego puede visualizarse con un lector QR).

Marcadores de posición (se relaciona una imagen 3D, vídeo o animación a un marcador impreso mediante software específico, de manera que al franquear el marcador por un dispositivo tecnológico se activará la capa virtual contenida en el mismo, al mismo tiempo cuando se cambia la orientación del marcador, los objetos virtuales cambian de posición y perspectiva).

Geolocalización (se trata de utilizar los mecanismos de la tecnología GPS para conseguir la interacción con un punto concreto a través de la cámara de los dispositivos móviles).

Las posibilidades educativas de la RA

Las características anteriormente señaladas abren diferentes posibilidades a esta tecnología para ser utilizada en la formación, como han llegado a señalar distintos autores;⁸⁻¹⁶ posibilidades que sin la pretensión de acotar el tema se puede sintetizar en las siguientes:

Eliminar información que pueda entorpecer la captación de la información significativa por el estudiante.

Aumentar o enriquecer la información de la realidad para hacerla más comprensible al estudiante.

Poder observar un objeto desde diferentes puntos de vista seleccionando el estudiante el momento y posición de observación.

Potencia el aprendizaje ubicuo.

Puede ser utilizada en diferentes disciplinas que van desde el aprendizaje de idiomas hasta las artes, química o ciencias naturales.

Crear escenarios "artificiales" seguros para los estudiantes como pueden ser laboratorios o simuladores.

Enriquecer los materiales impresos para los estudiantes con información adicional en diferentes soportes.

Permite al estudiante la visualización de un fenómeno desde múltiples perspectivas potenciando de esta forma la inteligencia espacial.

Convertir a los alumnos en "proconsumidores" de objetos de aprendizaje en formato RA.

Permite la exposición de fenómenos temporales y en especial heterogéneos.

Favorece contextualizar la información.

De todas formas, de cara a su incorporación a la enseñanza se debe tener en cuenta tres aspectos fundamentales: su incorporación es reciente, han existido más desarrollos tecnológicos que propuestas educativas de incorporación, y la falta investigación educativa y que la misma se encuentra en una fase temprana de desarrollo. Este último aspecto es reclamado por diferentes autores.¹⁷⁻²³

En los últimos tiempos se han desarrollado distintas investigaciones que han puesto de manifiesto una serie de aspectos, como son: que su incorporación a la enseñanza aumenta la motivación de los estudiantes hacia los contenidos y las tareas de enseñanza desarrolladas;^{17,24} que los alumnos mejoran los aprendizajes y adquieren los contenidos presentados,²⁵⁻³⁰ que su utilización implica una menor carga cognitiva para los estudiantes en la realización de las tareas;³¹ que su incorporación sugiere mayor participación, mejora la atención e interacción en las acciones de clase,^{16,32} que favorece más a los estudiantes con bajo rendimiento que a los de alto,³³ que despierta un alto grado de aceptación de la tecnología por parte de los estudiantes y docentes;^{23,34-37} que potencia el desarrollo de habilidades de investigación en ciencias.³⁸

Para finalizar este apartado es necesario indicar que diferentes metaanálisis realizados sobre publicaciones de investigaciones han puesto de manifiesto diversos aspectos como son: que sus publicaciones han aumentado poco a poco en los últimos años, que de manera fundamental se están desarrollando en los contextos de formación universitaria, incrementa la comprensión del contenido; que un gran volumen de estudios presentan datos favorables respecto a las

ganancias de aprendizaje, la motivación, la interacción y la colaboración.^{19,39,40}

La realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la medicina

Digamos desde el principio que la aplicación de la RA en el campo de la medicina tiene cierta tradición,⁴¹ en el intento de buscar nuevos recursos y materiales didácticos (modelos de plásticos, imágenes, modelos digitales...) que pudieran sustituir el tradicional material cadavérico para la formación. Transformación que se ha planteado por diversas razones de cambios en el énfasis del currículo, costo, disponibilidad, experiencia y preocupaciones éticas.⁴²

Últimamente la producción de objetos en RA es una de las tecnologías que está despertando bastante interés para la educación médica, ya que permite mezclar elementos digitales con el ambiente de aprendizaje físico.⁴³ Ello está llevando a que de manera progresiva se encuentran experiencias en diferentes campos de las Ciencias de la Salud, como es el de la cirugía⁴⁴⁻⁴⁷ o la ginecología.⁴⁸ En los últimos tiempos se están aplicando de manera específica al terreno de la Anatomía, ya que las estructuras anatómicas son complejas de visualizar en los 3 planos del espacio. De manera tradicional su enseñanza se ha hecho a partir de representaciones bidimensionales, de modelos físicos tridimensionales o de cuerpos reales cadavéricos. Éstos últimos han sido los más utilizados, pero por razones de cambios en el énfasis del currículo, costo, disponibilidad, y preocupaciones éticas, varias escuelas de medicina han reemplazado estos especímenes cadavéricos por modelos de plástico, imágenes y modelos digitales.⁴² Ello ha repercutido en el análisis que las posibilidades de la RA, puede aportar para la enseñanza de Anatomía⁴⁹ debido a las posibilidades de inmersión que propician y el poder observar el objeto desde diferentes planos y posiciones, sin olvidar que se puede incorporar al objeto información adicional (sonidos, exposición de análisis clínicos, radiografías...) que faciliten la realización de estudios de casos y la comprensión del objeto concreto analizado.⁵⁰

Como ponen de manifiesto *Yammine y Violato*,⁵¹ muchos médicos presentan deficiencias en el conocimiento de la anatomía y quizás por debajo del estándar para la práctica médica segura, de ahí que reclamen la utilización de nuevas prácticas para la enseñanza de la Anatomía, indican, a través de su investigación que la utilización de objetos en RA puede ser una solución potencial al problema de la pedagogía de dicha disciplina. Al mismo tiempo señalar que las investigaciones que se han realizado empiezan a aportar datos sobre el interés que despierta en los estudiantes de medicina la participación en experiencias de RA,^{11,12,52-55} la adquisición de conocimientos sobre el aprendizaje de la anatomía de la mano y la muñeca,⁵⁶ del corazón⁵⁷ o del cráneo⁵⁸ y de otras partes específicas del cuerpo humano,¹¹ implica la utilización de más carga cognitiva de los estudiantes en la acción formativa lo que repercute en el aumento del rendimiento académico.⁵⁹ O como ponen de manifiesto *Moro* y colaboradores⁵⁰ al señalar que su eficacia es como mínimo igual a la utilización de modelos en 3D de impresión.

De todas formas, es necesario reconocer que los estudios realizados son más bien limitados, y no permiten todavía construir una teoría consolidada respecto a su utilización en la enseñanza de diferentes campos de las ciencias de la salud; aunque como concluyen *Barsom* y colaboradores,⁴³ tras la realización del metaanálisis sobre publicaciones de RA en medicina: tales aplicaciones van ganando interés público y científico.

Hacia el análisis de las posibilidades que la RA tiene para la enseñanza de la Anatomía en los estudios universitarios de medicina, se llevó a cabo esta investigación, con el objetivo de conocer el grado de aceptación y motivación que la realidad aumentada despierta en los estudiantes de medicina.

MÉTODOS

La muestra de la investigación estuvo formada por 50 estudiantes que cursaban la asignatura de "Anatomía Humana I", impartida en primer curso de los estudios de Medicina desarrollados en la Universidad de Sevilla (España). El 42 % de los estudiantes eran hombres (f=21) y el 58 % mujeres (f=29). La experiencia se desarrolló en el horario de la asignatura y su aula de clase, con una duración de dos horas en las cuales se desarrollaron las siguientes acciones:

Explicar a los estudiantes de en qué consistía la RA.

Demostrar el funcionamiento técnico de los diferentes objetos producidos y las posibilidades que ofrecía.

Presentar el sitio web del cual podrían descargarse las guías de los objetos de aprendizaje y las apps.

Propiciar la interacción individual de los alumnos a través de diferentes móviles con los objetos de aprendizaje producidos.

Dar respuesta a los cuestionarios.

Señalar que más del 50 % consistió en la interacción de los estudiantes con los objetos producidos. La investigación se llevó a cabo durante el curso académico 2016-17.

Instrumentos de recogida de información

Para el análisis de la motivación se utilizó el "Instructional Material Motivational Survey" (IMMS).⁶⁰ Instrumento con construcción tipo Likert con siete opciones de respuesta y que pretende recoger información en cuatro grandes dimensiones: atención, confianza, relevancia y satisfacción.

Para el análisis del grado de aceptación de la tecnología RA, se aplicó el "The Technology Acceptance Model" o TAM como es usualmente conocido,⁶¹ y que persigue recoger información en cuatro dimensiones: utilidad percibida, facilidad de uso percibida, disfrute percibido, actitud hacia el uso, e intención de utilizarla. Este instrumento estaba conformado por 15 ítems tipo Likert, con 7 opciones de respuesta.

El tercer instrumento, el de evaluación de los objetos producidos por los estudiantes, fue elaborado "ad hoc" para el estudio, que estaba formado

por 13 ítems con construcción tipo Likert, con seis opciones de respuestas y que pretendía recoger información de las siguientes dimensiones: aspectos técnicos y estéticos, facilidad de utilización y calidad de la guía de explicación de su funcionamiento elaborada para los estudiantes.

A los tres instrumentos se le obtuvo el índice de fiabilidad a partir de la alfa de Cronbach, procedimiento recomendado⁶² para instrumentos con construcción tipo Likert. En la **tabla 1**, se presentan los valores obtenidos para los 3 instrumentos.

Como se puede observar los tres valores indican altos niveles de fiabilidad de los tres instrumentos utilizados en el estudio.

Señalar que los tres instrumentos se administraron vía Internet.

Los objetos producidos

Los datos del presente estudio se obtuvieron con dos objetos en RA producidos que fueron denominados como "Shoulder" y "Ankle", los cuales permiten que los alumnos observen las partes óseas de estos componentes de la anatomía humana en 3D y realizar sobre ellos diferentes acciones: aumentarlos; moverlos por la pantalla; analizarlos desde distintos puntos de vista, ir a vídeos explicativos ubicados en Youtube donde se aportaba información adicional. En la **figura** se ofrece unas imágenes de los diferentes objetos producidos.

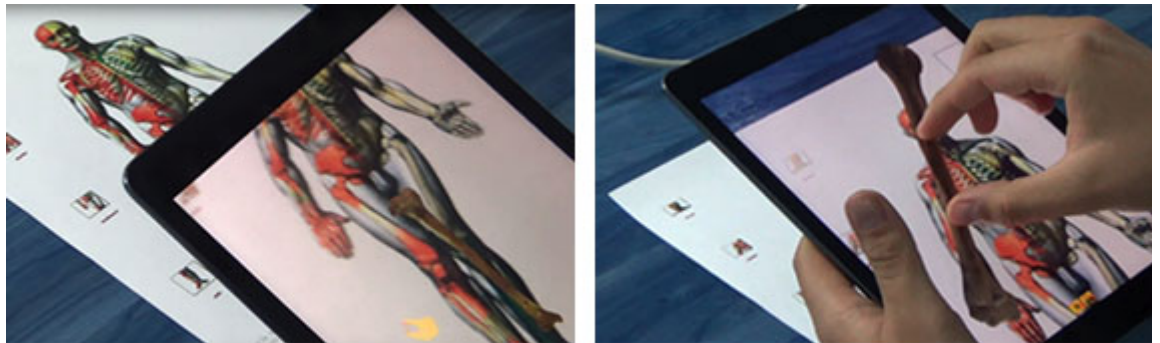


Fig. Ejemplo de los objetos producidos.

Es necesario indicar que los objetos se produjeron para que funcionaran tanto en entorno Android como con iOS, y tanto las apps correspondientes como las guías elaboradas pueden descargarse de la siguiente dirección web: <http://intra.sav.us.es/proyectorafodiun/> .

Finalmente señalar que para su producción se utilizaron los programas: Layar, Metaio Creator, Metaio SDK, Augment y Aurasma.

RESULTADOS

Por lo que se refiere a la motivación en la **tabla 2**, se presentan las medias obtenidas y desviaciones típicas derivadas tanto en el total del instrumento, como en cada una de las dimensiones.

Tabla 2. Valores medios y desviaciones típicas alcanzadas con el IMMS

Dimensión	Media	Desviación típica
Total instrumento	4,39	0,71
Atención	4,33	0,71
Confianza	4,10	0,77
Relevancia	4,64	0,85
Satisfacción	4,56	1,06

Los valores obtenidos se situaban todos por encima del valor medio de la escalar que sería el 3,5, lo que permite señalar que la interacción con los objetos en RA despertó una alta motivación en los estudiantes; sobresaliendo ligeramente las medias en las categorías de satisfacción y relevancia. Señalar al mismo tiempo que las desviaciones típicas alcanzadas no fueron muy elevadas, lo que indica cierta uniformidad en las respuestas obtenidas de los estudiantes.

Respecto al grado de aceptación de esta tecnología por los estudiantes, en la [tabla 3](#) se presentan los valores medios obtenidos y sus desviaciones típicas correspondientes.

Tabla 3. Valores medios y desviaciones típicas alcanzadas con el instrumento TAM

Dimensión	Media	Desviación típica
Total instrumento	4,92	0,92
Utilidad percibida	4,80	1,33
Facilidad de uso percibida	5,49	1,29
Percepción de disfrute	4,68	1,14
Actitud hacia el uso	4,47	0,83
Intención de uso	5,48	1,17

También en este caso las puntuaciones medias obtenidas se sitúan por encima del valor central 3,5, y muy cercanas a la puntuación 5 y 6. Las desviaciones típicas indican un cierto grado de acuerdo entre los estudiantes. En consecuencia, se puede indicar que la interacción de los alumnos con estos objetos ha producido un alto grado de aceptación de esta tecnología para ser utilizada en contextos de formación.

Por último, y por lo que se refiere a la evaluación de los objetos, en la [tabla 4](#), se presentan las medias y desviaciones típicas, de las valoraciones efectuadas por los estudiantes, tanto para los cuatro objetos utilizados, como para cada uno de ellos de manera individual.

Tabla 4. Valores medios y desviaciones típicas alcanzadas con el instrumento valoración de los objetos

Dimensión	Media	Desviación típica
Todos los objetos	4,33	0,44
Objeto Shoulder	4,43	0,58
Objeto Ankle	4,23	0,40

Los resultados indican con claridad que fueron "regularmente positivo/moderadamente de acuerdo" valorados por los estudiantes.

CONSIDERACIONES FINALES

Del presente estudio se pueden extraer una serie de conclusiones, y la primera de ella es que la utilización de la RA despierta un elevado grado de motivación en los estudiantes de medicina cuando estos objetos se incorporan a la enseñanza, y los estudiantes pueden interactuar con ellos. Ello es posible que se deba a que los alumnos tienen que convertirse en agentes activos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, independientemente de que pueden seleccionar el punto de vista desde el cual desean percibir el objeto. Tales resultados se encuentran en consonancia con los obtenidos por otros autores y que ya se señalaron en la primera parte del trabajo.

Por lo que se refiere al grado de aceptación, lo primero a señalar es que los materiales producidos han despertado un elevado nivel de satisfacción en los estudiantes, lo que indica que pueden ser fácilmente incorporados a la práctica educativa, ya que los perciben de verdadera utilidad. Por otra parte, señalar que los alumnos no indicaron ninguna dificultad para manejarse e interactuar con ellos. Su integración fue fácil, y valorada como muy positiva. Es probable que se deba a que están acostumbrado a interactuar con sus dispositivos móviles. Lo cual permite potenciar su incorporación a los contextos formativos de la enseñanza de la medicina.

Los dos objetos fueron valorados positivamente por los estudiantes, lo cual indica que fueron fáciles de descargar, instalar en sus dispositivos e interactuar y desplazarse con ellos.

Por último, destacar que los resultados son muy relevantes, pues han sido obtenidos con diversos objetos producidos para el trabajo, y confirman los obtenidos respecto al grado de aceptación de dicha tecnología por los estudiantes en otro trabajo.⁵⁵

Financiamiento

El trabajo se enmarca dentro de 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 RAFODIUN).

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fundación Telefónica. Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo. Madrid (España): Fundación Telefónica-Ariel; 2011.
2. Barroso J, Cabero J, García F, Calle F, Gallego O, Casado I, et al. Diseño, producción, evaluación y utilización educativa de la Realidad Aumentada. Sevilla; Secretariado de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías. Universidad de Sevilla; 2017.
3. Sosa E, Salinas J, De Benito B. Emerging Technologies (ETs) in Education: A Systematic Review of the Literature Published between 2006 and 2016. *iJET*. 2017 [citado Jul 2017];12(5):128-49. doi:10.3991/ijet.v12i05.6939).
4. Tecnológico de Monterrey. Reporte EduTrends. Radar de Innovación Educativa 2015. Monterrey: Tecnológico de Monterrey; 2015.
5. Johnson L, Adams S, Cummins M, Estrada V, Freeman A, Hall C, et al. NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium; 2016.
6. Lagunes Domínguez A, Torres Gastelú C. Prospectiva hacia el Aprendizaje Móvil en Estudiantes Universitarios. *Formación universitaria*. 2017;10(1):101-08.
7. Cabero J, García F. Realidad aumentada. Tecnología para la formación. Madrid: Síntesis; 2016.
8. Carozza L, Tingdahi D, Bosché F, Gool L. Markerless Vision-Based Augmented Reality for Urban Planning. *Comput.-Aided Civil Infrastruct. Eng.* 2014;29(1):2-17.
9. Cubillo J, Martín S, Castro M, Colmenar A. Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *RIED*. 2014;17:241-74.
10. Jeřábek T, Rambousek V, Wildová R. Specifics of Visual Perception of The Augmented Reality in The Context of Education. *Procedia Soc Behav Sci*. 2014;159:598-604.
11. Barba R, Yasaca S, Manosalvas C. Impacto de la realidad aumentada móvil en el proceso enseñanza-aprendizaje de estudiantes universitarios del área de medicina. *Investigar con y para la Sociedad*. Cádiz: Bubok Publishing S.L. 2015;3:1421-9.
12. Jamali S, Fairuz M, Wai K, Oskam Ch. Utilising mobile-augmented reality for learning human anatomy. *Procedia Soc Behav Sci*. 2015;197:659-68.
13. Fonseca D, Redondo E, Valls F. Motivación y mejora académica utilizando realidad aumentada para el estudio de modelos tridimensionales arquitectónicos. *EKS*. 2016;17(1):45-64.

14. Han J, Jo M, Hyun E, So H. Examining young children's perception toward augmented reality-infused dramatic play. *Educ Technol Res Dev*. 2015;63:455-74.
15. Cabero J, Barroso J. Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada. *NAER*. 2016 [citado Jul 2016];5(1):46-52. DOI: 10.7821/naer.2016.1.140
16. Santos M, Wolde A, Taketomi T, Yamamoto G, Rodrigo M, Sandor Ch, et al. Augmented reality as multimedia: the case for situated vocabulary learning. *RPTTEL*. 2016;11(4):1-23.
17. Di Serio A, Ibáñez MB, Delgado C. Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Comput. Educ*. 2013;68:586-96.
18. Wu HS, Wen Yu S, Chang HY, Liang J. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Comput. Educ*. 2013; 62: 41-49.
19. Bacca J, Baldiris S, Fabregat R, Graf S, Kinshuk G. Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educ. technol. soc*. 2014;17(4):133-49.
20. Bower M, Howe C, McCredie N, Robinson A, Grover D. Augmented Reality in education - cases, places and potentials. *Educational Media International*. 2014;51(1):1-15.
21. Saidin NF, Abd Halim ND, Yahaya N. A review of research on Augmented Reality in education: advantages and applications. *International Education Studies*. 2015 [citado Jul 2017];8(13). doi:10.5539/ies.v8n13p1
22. Nielsen B, Brandt H, Swensen H. Augmented Reality in science education - affordances for student learning. *NorDiNa*. 2016;12(2):157-74.
23. Alkhatabi M. Augmented Reality as E-learning Tool in Primary Schools' Education: Barriers to Teachers' Adoption. *iJET*. 2017;12(2):91-100.
24. Garay U, Tejada E, Maiz I. Valoración de objetos educativos enriquecidos con realidad aumentada: una experiencia con alumnado de máster universitario. *Pixel-Bit*. 2017;50:19-31.
25. Lin T, Been-Lirn H, Li N, Wang H, Tsa Ch. An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Comput. Educ*. 2013;68:314-21.
26. Souza Concilio I, Pacheco BA. The Development of Augmented Reality Systems in Informatics Higher Education. *Procedia Comput Sci*. 2013;25:179-88.
27. Sommerauer P, Müller O. Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Comput. Educ*. 2014;79:59-68.

28. Taçgın Z, Arslan A. The perceptions of CEIT postgraduate students regarding reality concepts: Augmented, virtual, mixed and mirror reality. *Education and Information Technologies*; 2016. p. 1-16.
29. Fombona J, Vázquez Cano E. Posibilidades de utilización de la geolocalización y realidad aumentada en el ámbito educativo. *Educación XXI*. 2017;20(2):319-42.
30. Toledo P, Sánchez JM. Realidad aumentada en educación primaria: efectos sobre el aprendizaje. *Relatec*. 2017 [citado Jul 2017];16(1):79-92. Disponible en: <https://dx.medra.org/10.17398/1695-288X.16.1.79>
31. Cheng KH. Reading an augmented reality book: An exploration of learner's cognitive load, motivation and attitudes. *Australas. J. Educ. Technol*. 2017;33(4):53-69.
32. Nicareana D, Bilal M, Abdul Halim N, Abdul Rahman H. Mobile Augmented Reality: the potential for education. *Procedia Soc Behav Sci*. 2013;103:657-64.
33. Cai S, Wang X, Chiang FK. A Case Study of Augmented Reality Simulation System Application in a Chemistry Course. *Comput Human Behav*. 2014;37:31-40.
34. Kim K, Hwang J, Zo H. Understanding users' continuance intention toward smartphone augmented reality applications. *Information Development*. 2016;32(2):161-74.
35. Kim H, Yongho M. Predicting the use of smartphone-based Augmented Reality (AR): Does telepresence really help? *Comput. Hum. Behav*. 2016;59:28-38.
36. Cabero J, Fernández B, Marín V. Dispositivos móviles y realidad aumentada en el aprendizaje del alumnado universitario. *RIED*. 2017;20(2):167-85.
37. Fernández B. Factores que influyen en el uso y aceptación de objetos de aprendizaje de realidad aumentada en estudios universitarios de Educación Primaria. *Edmetec*. 2017;6(1):203-19.
38. Techakosit S, Wannapiroon P. Connectivism learning environment in augmented reality science laboratory to enhance scientific literacy. *Procedia Soc Behav Sci*. 2015;174:2108-115.
39. Radu I. Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Pers. Ubiquitous Comput*. 2014;18(6):1-11.
40. Pajares E. Diseño de actividades didácticas con Realidad Aumentada. Trabajo Fin de Master UNED. 2015 [citado Jul 2017]. Disponible en: <http://77e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:masterComEdred>
41. Pandya A, Siadat MR, Auner G. Design, implementation and accuracy of a prototype for medical augmented reality. *Comput Aided Surg*. 2005;10(1):23-35.
42. Mogali SR, Yeong WY, Tan H, Tan G, Abrahams P, Zary N, et al. Evaluation by medical students of the educational value of multi-

- material and multi-colored three-dimensional printed models of the upper limb for anatomical education. *Anat Sci Educ.* 2017;11(1):54-64.
43. Barsom E, Graafland M, Schijven MP. Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. *Surg Endosc.* 2016;30(10):4174-83.
44. Kang X, Azizian M, Wilson E, Wu K, Martin A, Kane T, et al. Stereoscopic augmented reality for laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 2014;28:2227-35.
45. Labanas V, Loukas C, Smailis N, Georgiou E. A novel augmented reality simulator for skills assessment in minimal invasive surgery. *Surg Endosc.* 2015 Aug;29:2224-34.
46. Siu K, Best BJ, Kim JW, Oleynikov D, Ritter FE. Adaptive Virtual Reality Training to Optimize Military Medical Skills Acquisition and Retention. *Mil Med.* 2016 May;181(5Suppl):214-20.
47. Urrea E, Sandoval S, Irribarren N. El desafío y futuro de la simulación como estrategia de enseñanza en enfermería. *Investigación en Educación médica.* 2017 April-June;6(22):119-25.
48. Bourdel N, Collins T, Pizarro D, Bartoli A, Da Ines D, Perreira B, et al. Augmented reality in gynecologic surgery: evaluation of potential benefits for myomectomy in an experimental uterine model. *Surg Endosc.* 2017 Jan;31(1):456-61.
49. Svirko E, Mellanby J. Teaching neuroanatomy using computer-aided learning: What makes for successful outcomes? *American Association of Anatomists.* 2017 April;10:560-9.
50. Moro C, Štromberga Z, Raikos A, Stirling A. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anat Sci Educ.* 2017 Nov;10(6):549-59.
51. Yammine K, Violato C. A Meta-Analysis of the Educational Effectiveness of Three-Dimensional Visualization Technologies in Teaching Anatomy. *Anat Sci Educ.* 2015 Nov-Dec;8(6):525-38.
52. Cabero J, Barroso J, Llorente MC. Technology acceptance model & realidad aumentada: estudio en desarrollo. *Rev. Lasallista Investig.* 2016;13(2):18-26.
53. Barroso J, Cabero J, Moreno A. La utilización de objetos de aprendizaje en realidad aumentada en la enseñanza de la medicina. *Innoeduca.* 2016;2(2):77-83.
54. Herron J. Augmented Reality in Medical Education and Training. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries.* 2016;13(2):51-5.
55. Cabero J, Barroso J, Obrador M. Realidad Aumentada aplicada a la Enseñanza de la medicina. *Educación médica.* 2017;18(3):203-8.
56. Zilverschoon K, Koen L, Ronald V, Bleys R. The virtual dissecting room: Creating highly detailed anatomy models for educational purposes. *J. Biomed. Inform.* 2017 January;65:58-75.

57. Hazidar A, Sulaiman R. Visualization Cardiac Human Anatomy using Augmented Reality Mobile Application. IJECCE. 2014;5(3):497-501.
58. Esteve González V, González Martínez J, Gisbert M, Cela J. La presencia social en entornos virtuales 3d: reflexiones a partir de una experiencia en la Universidad. Pixel-Bit. 2017;50:137-146.
59. Küçük S, Kapakin S, Gökteş Y. Learning Anatomy via Mobile Augmented Reality: Effects on Achievement and Cognitive Load. Anat Sci Educ. 2016 Oct;9(5):411-21.
60. Keller JM. Motivational design for learning and performance. New York: Springer Science+Business; 2010.
61. Davies F. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly. 1989;13:319-40.
62. O'Dwyer L, Bernauer J. Quantitative research for the qualitative researcher. California: SAGE Publications, INC.: 2014.
63. Cabero Almenara J, Barroso Osuna J, Obrador M. Realidad Aumentada aplicada a la Enseñanza de la medicina. Educación Médica. 2017;18(3):203-8.

Recibido: 20 de marzo de 2018.

Aprobado: 30 de abril de 2018.

Ángel Puentes Puente. Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra.
República Dominicana.

Correo electrónico: angelpuentes@pucmm.edu.do