

Realidad aumentada en Educación Primaria: comprensión de elementos artísticos y aplicación didáctica en ciencias sociales

José Manuel Sáez López

jmsaezlopez@edu.uned.es

Universidad Nacional de Educación a Distancia (U.N.E.D)

Ramón Cózar Gutierrez

ramon.cozar@uclm.es

Universidad de Castilla-La Mancha

M^a Concepción Domínguez Garrido

cdominguez@edu.uned.es

Universidad Nacional de Educación a Distancia (U.N.E.D)

Resumen

En la presente investigación se valora la integración de la Realidad Aumentada como tecnología emergente con impacto significativo en el aprendizaje. Se implementa una unidad didáctica en 3 fases utilizando modelos de arte ibérico a través de Realidad Aumentada como recurso educativo. A partir de un diseño cuasi experimental en la primera dimensión y métodos mixtos en la segunda dimensión, se analizan los datos de 73 estudiantes, aplicando el test de Wilcoxon, el U de Mann Whitney, la prueba de los signos y la observación participante. Se detalla que el trabajo e integración de la Realidad Aumentada en contextos educativos no mejora significativamente el rendimiento académico. Sin embargo, se destacan mejoras estadísticamente significativas en la motivación, la participación activa, el trabajo grupal, el reconocimiento de contenidos artísticos, el interés, el entusiasmo, el compromiso y la diversión en el proceso de aprendizaje. A través de estos métodos y recursos, los alumnos tienen la oportunidad de manipular objetos artísticos, lo que les permite un mejor análisis de los contenidos en historia del arte. El planteamiento pedagógico ha posibilitado un trabajo grupal motivador y satisfactorio para el estudiante, con la posibilidad de desarrollar competencia digital y habilidades de búsqueda y selección de información clave.

Palabras clave:

Educación primaria; innovación educativa; realidad aumentada; tecnología educativa

Augmented Reality in Primary Education: understanding of artistic elements and didactic application in social sciences

José Manuel Sáez López

jmsaezlopez@edu.uned.es

Universidad Nacional de Educación a Distancia (U.N.E.D)

Ramón Cózar Gutierrez

ramon.cozar@uclm.es

Universidad de Castilla-La Mancha

M^a Concepción Domínguez Garrido

cdominguez@edu.uned.es

Universidad Nacional de Educación a Distancia (U.N.E.D)

Abstract

In the present research the integration of we analyze Augmented Reality as emerging technology with significant impact on learning. A didactic unit was implemented in 3 phases using models of Iberian art through Augmented Reality as an educational resource. Based on a quasi-experimental design in the first dimension and mixed methods in the second dimension, the data of 73 students was analyzed, applying the Wilcoxon test, the Mann Whitney U test, the signs test and participant observation. We detail that the work and integration of Augmented Reality in educational contexts does not improve significantly the academic performance. However, there are statistically significant improvements regarding motivation, active participation, group work, analysis of artistic content, interest, enthusiasm, encouragement and fun in the learning process. Through these methods and resources, students have the opportunity to manipulate artistic objects, which allows them to analyze better the contents in art. The pedagogical approach has made possible a motivating and satisfactory group work for the student, with the possibility of developing digital competence and key information skills.

Keywords

Elementary education; educational innovation; augmented reality; educational technology.

I. Introducción

El fuerte impacto que las nuevas tecnologías de la información y la comunicación han tenido en nuestra sociedad ha obligado a la educación a adaptarse con rapidez a un contexto diferente, cambiante y globalizado. En los contextos educativos se está introduciendo una nueva cultura del aprendizaje que intenta aprovechar todo el potencial de los nuevos reclamos tecnológicos para dar respuesta a las exigencias y motivaciones del alumnado y favorecer la adquisición de las competencias del siglo XXI.

En los últimos años se han publicado diferentes informes nacionales e internacionales en los que se pretende adelantar y describir las tecnologías emergentes que pueden tener un impacto significativo en el aprendizaje, la enseñanza y la investigación en educación, tales como los NMC Horizon Report (Johnson et al., 2016; Adams et al., 2016), con sus dos versiones, Superior Education y K-12, el Hype Cycle for Emerging Technologies de Gartner Research (2016), el Reporte Edutrends: Radar de Innovación Educativa del Observatorio de innovación Educativa Tecnológico de Monterrey (2015), o el más cercano sobre eEspaña: La transformación digital del sector educación de la Fundación Orange (2016), entre otros muchos, en los que se coincide a la hora de presentar la Realidad Aumentada como una tecnología con fuertes posibilidades de aplicación en el terreno educativo a medio plazo (2-3 años). Resultados que transitan en la misma dirección que el aumento de la vigencia y actualidad de su tratamiento en las investigaciones publicadas por la comunidad científica, como han demostrado Barroso y Cabero (2016) a partir de la búsqueda en la herramienta Ngram Viewer de Google de los términos "Realidad Aumentada" y "Augmented Reality"; o en los metaanálisis de Bacca et al. (2014), Radu (2014), Tekedere y Göker (2016) o Fombona y Pascual (2017), sobre publicaciones JCR y SCOPUS, en los que se concluye que el número de trabajos publicados sobre Realidad Aumentada y su penetración en educación, ha aumentado considerablemente en los últimos cuatro años.

Partiendo de la conceptualización de Ronald Azuma (1997) la Realidad Aumentada se puede entender como la fusión de una visión directa o indirecta de un entorno físico (mundo real), cuyos elementos se combinan con objetos digitales para crear una realidad mixta en tiempo real. Quedan establecidas sus tres características más significativas: combinación de lo real con lo virtual; interacción en tiempo real; y registro en 3D. Mullen (2012: 13) sugiere que la "Realidad Aumentada 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"; y Barroso y Cabero (2016: 152), a partir de las propuestas de diferentes autores (Fundación Telefónica, 2011; Fombona, Pascual y Madeira, 2012; Muñoz, 2013; Cabero y Barroso, 2015, 2016; Prendes, 2015; Cabero y García, 2016), la sintetizan como "la combinación de información digital e información física en tiempo real a través de diferentes dispositivos tecnológicos". Sobre sus características, Cabero y García (2016) señalan como las más distintivas: la integración coherente en tiempo real de objetos virtuales, su interacción, la combinación de información virtual de diferente tipología (texto, URL, vídeo, audio y objetos en 3D) y la posibilidad de alterar o enriquecer la realidad física.

En concreto, el proceso se realiza en tiempo real, mediante la utilización de un conjunto de dispositivos tecnológicos (Pc, Tablet, teléfono, videoconsola,...) y un software, que establecen una relación espacial entre la información virtual y su entorno real, creando una nueva realidad mezclada o mixta (Milgram y Kishino, 1994). Los sistemas de Realidad Aumentada integran fundamentalmente dos elementos: visualización y seguimiento. Y de ellos depende en buena medida el grado de inmersión e integración en la realidad mixta. El sistema de seguimiento determina la posición y orientación exacta de los objetos reales y virtuales en el mundo real. El sistema gráfico, o de visualización, además de generar los objetos virtuales, combina todos los elementos de la escena, reales y virtuales, mostrándolos por pantalla (Carracedo y Martínez, 2012: 103).

En cuanto a sus posibilidades educativas, son numerosas las investigaciones actuales que destacan las nuevas oportunidades que con la introducción de la Realidad Aumentada se abren para construir nuevos ecosistemas de aprendizaje más atractivos y pedagógicos, con la representación de entornos imposibles en el aula y el desarrollo de un aprendizaje inmersivo. Durante los últimos años, el avance vertiginoso de la tecnología ha generalizado el uso de la RA con dispositivos cada vez más ligeros y portátiles y el desarrollo de aplicaciones gratuitas que permiten tanto crear modelos 3D, como producir escenas o visualizarlas en objetos digitales educativos (Cózar et al., 2014). Así, la Realidad Aumentada ha penetrado en todos los niveles educativos -aunque destaca, sobre todo, en los entornos universitarios (Bacca et al., 2014; Fombona y Pascual, 2017) y podemos encontrar experiencias en diferentes disciplinas, como ingeniería, arquitectura, urbanismo, medicina, matemáticas y geometría, arte e historia, aprendizaje de idiomas, diseño, ciencias naturales, química y física y geografía (Cabero, García y Barroso, 2016).

Sobre las potencialidades de su uso en contextos educativos para mejorar las acciones formativas, el metaanálisis de Radu (2014) señala como efectos positivos demostrados en experiencias que han utilizado Realidad Aumentada frente a las que no: una mejor comprensión de los contenidos, retención de memoria a largo plazo y mejoras en el rendimiento sobre tareas físicas, la colaboración y la motivación de los estudiantes. Fombona y Pascual (2017) destacan, en su revisión documental, un mayor rendimiento en el aprendizaje de los estudiantes, vinculado con su potencial creativo, motivacional y lúdico y por la potencia del sentido inmersivo de la experiencia. Y Cabero y Barroso (2016), a partir de un minucioso análisis de estudios publicados sobre esta tecnología, exponen que: facilita la comprensión de fenómenos y conceptos complejos; favorece la contextualización y el enriquecimiento de la información; permite la individualización de la formación y la adaptación a los diferentes tipos de inteligencias; ofrece, a los alumnos la capacidad de interactuar mediante la manipulación de objetos reales; favorece el aprendizaje ubicuo y contextualizado al convertir cualquier espacio físico en un escenario académico estimulante; facilita el desarrollo de una metodología constructivista de enseñanza/aprendizaje; propicia el desarrollo de competencias gráficas mediante la percepción de los contenidos espaciales y objetos en 3D; favorece el aprendizaje mediante la práctica (aprendizaje experiencial); aumenta la motivación con valores muy positivos de satisfacción; mejoran los resultados académicos; es flexible, ya que se puede utilizar en diferentes niveles educativos y en distintas disciplinas; se puede unir a otras metodologías didácticas como el aprendizaje basado en juegos o gamificación; ayuda a optimizar los tiempos en contextos de formación a distancia y e-learning y permite crear contenidos multimedia interactivos (Sáez-López, Román-González y Vázquez-Cano, 2016; Sáez-López, Miller, Vázquez-Cano y Domínguez-Garrido, 2015).

Por contra, también se han observado problemas o consecuencias negativas de su uso. Radu (2014) en un apartado dedicado a los problemas inherentes a la Realidad Aumentada en determinadas experiencias educativas, apunta que se ha observado el predominio de una atención "de túnel" en determinadas actividades, dificultades de usabilidad, una ineficaz integración en el aula y diferencias de aprendizaje (mientras que los estudiantes con rendimiento bajo o medio muestran mejores resultados, los de alto rendimiento no recibieron los mismos beneficios). Para Fombona y Pascual (2017) las debilidades de la RA en el contexto educativo se centran en el descenso de la actitud y motivación de los estudiantes por un uso (o abuso) sistemático en los planes de estudio; reticencias a su uso educativo y no lúdico; dificultad de uso de los interfaces iniciales; los tiempos de aprendizaje necesarios para el docente; la laguna legal relativa a su uso en centros educativos; y la posible pérdida de interés, inherente a modas pasajeras, que puede provocar que deje de ser tan motivador.

II. Objetivos

Valorar el rendimiento académico y la eficacia de la Realidad Aumentada como recurso.

- Analizar las ventajas de enfoques activos centrados en el estudiante con el uso de las tecnologías
- Evaluar las ventajas de la realidad aumentada para presentar contenidos de historia del arte.
- Indagar en las posibilidades de motivación, compromiso y diversión, que aporta la realidad aumentada en contextos educativos.
- Analizar las posibilidades de la Realidad Aumentada para manipular y comprender figuras y elementos artísticos.

III. Método

El proceso de investigación se lleva a cabo a través de métodos complementarios, implementando una estrategia de Investigación Basada en el Diseño (Anderson & Shattuck, 2012) que implica múltiples iteraciones colaborativas y proporciona un sentido de validez a la investigación dada la intervención naturalista y real en los contextos educativos en la etapa de Educación Primaria. De acuerdo con la metodología de Investigación Basada en el Diseño, se implementa el recurso a evaluar en un contexto en particular. Coherentemente, este estudio de caso se aborda a partir de métodos de investigación mixtos, la evaluación se basa en un enfoque de modelo de evaluación naturalista, que se lleva a cabo con la colaboración de los estudiantes y profesores participantes (Guba y Lincoln, 1981) a través de métodos mixtos.

El presente estudio detalla 2 dimensiones (tabla 1). En la dimensión 1: Realidad Aumentada y Rendimiento académico se lleva a cabo un diseño cuasi experimental. En la dimensión 2: Realidad aumentada en Educación Primaria, se lleva a cabo un análisis descriptivo de un cuestionario, un análisis a partir de un diseño pre experimental y observación participante. En esta segunda dimensión las son: Aprendizaje activo, contenidos, utilidad y diversión

Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
1.-Realidad Aumentada y Rendimiento académico	Rendimiento	Test. Diseño cuasi experimental. Grupo de Control y grupo Experimental
	Eficiencia	
	Evaluación	
	Resultados	
2.-Realidad aumentada en educación primaria	Aprendizaje Activo	Cuestionario mixto. Análisis descriptivo Diseño pre experimental Observación participante.
	Contenidos de arte	
	Utilidad	
	Diversión	

Tabla 1. Dimensiones, indicadores e instrumentos. Fuente: elaboración propia

a. Participantes

La muestra del estudio es no probabilística e intencional. Consta de un grupo experimental de 73 estudiantes de 5º de primaria en 4 escuelas diferentes de la Comunidad de Madrid y la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha en España. En cuanto al género, el 50,7% son niñas y el 49,3% son niños. La mortalidad experimental es de 9.06%. Por otra parte, el grupo de control cuenta con

22 estudiantes de un centro de Castilla-La Mancha con un 54,5 % de niñas y un 45,5 % de niños. Según los datos del Chi-cuadrado, no se aprecian diferencias significativas relativas al género, por tanto no se aportan estos datos en el presente estudio.

b. Instrumentos y fiabilidad

En la dimensión 1 se comparan las medias. Esta información permite determinar si existen diferencias significativas entre el grupo de control y el grupo experimental en el que se ha llevado a cabo la integración de la Realidad Aumentada. El nivel de significación α es 0,01.

En los diseños cuasi experimentales (ver tabla 2) los grupos no se forman aleatoriamente. Garantizan un control sobre la mayor parte de las fuentes de invalidez. Son más accesibles en contextos educativos por la dificultad de obtener muestras aleatorias. En este diseño se aplica un test de Wilcoxon y el test de U de Mann-Whitney para contrastar los rangos del grupo experimental con el grupo de control.

Grupos	Pre test	Programa	Post test
G Experimental (NA)	O1	X	O2
Grupo de control (NA)	O1		O2

Tabla 2. Diseño cuasi experimental. Fuente: elaboración propia

En la dimensión 2, se aplica un cuestionario que analiza los procesos de aprendizaje y las actitudes de los estudiantes. Este tipo de investigación pretende describir la experiencia individual en entornos particulares (Creswell, 2003). Esta dimensión estudio aporta datos descriptivos, a partir de una escala de medida ordinal en el cuestionario que se detalla en el análisis de resultados. También se valoran resultados obtenidos a partir de un diseño pre-experimental a través de un test U de Mann-Whitney y triangulando otros datos que se obtienen desde un enfoque cualitativo con la técnica de observación participante.

La fiabilidad calculada a través del coeficiente de alfa de Cronbach en el cuestionario de esta dimensión ofrece un 0,886 por lo que se considera aceptable (Hair, Anderson, Tatham & Black, 1998). La validez de contenido a partir de la V de Aiken aporta un valor mayor de 0,7 en todos los ítems, por tanto, la pertinencia y la idoneidad del instrumento en la validación cualitativa es aceptable. Desde un planteamiento de triangulación de datos (Cohen, Manion, y Morrison, 2000). Dicha triangulación, implementada utilizando diferentes análisis, test e información cuantitativa y cualitativa (observación), nos permite determinar que existe evidencia para apoyar la validez de los resultados y minimizar la varianza de error (Goetz y LeCompte, 1988).

Otro instrumento utilizado para esta dimensión se ha estructurado: la observación sistemática. El uso de la observación sistemática estructurada como método de investigación tiene la ventaja de acceder directamente a lo que los alumnos han experimentado mientras realizaban las actividades. Por lo tanto, la aplicación de este método de recopilación de datos a lo largo de toda la intervención educativa asegura que los datos se recogen con la interacción directa de los investigadores con los participantes. Se aplica la técnica de observación sistemática participante, partiendo de una clasificación de sujetos u objetos en categorías predefinidas. La fiabilidad de este proceso de clasificación se puede establecer a través de dos evaluadores, que realicen de manera independiente esta clasificación con el mismo conjunto de sujetos u objetos. Al realizar esta tarea, estos dos individuos habrán participado en lo que se llama un experimento de confiabilidad inter-evaluador aporta dos categorizaciones de los mismos sujetos u objetos.

El grado en que estas dos categorizaciones coinciden representa lo que a menudo se conoce como confiabilidad entre evaluadores (Gwet, 2014). La confiabilidad o concordancia entre evaluadores es

el grado de acuerdo entre los evaluadores. La estadística utilizada para esta medición es el valor del "kappa de Cohen" con el profesor (en cada escuela) y el investigador como evaluadores, teniendo en cuenta la cantidad de acuerdo que se podría esperar. Este valor de correlación de kappa puede variar de -1 a 1. Respecto al acuerdo relativo observado entre evaluadores solamente se aceptan los superiores a 0.60 en esta investigación, todos los ítem por debajo de este valor fueron eliminados. Cohen (1960) aceptaba valores desde 0,6 como aceptables y sustanciales. La triangulación metodológica y de datos consistente con un diseño DBR proporciona datos de diferentes fuentes, técnicas e instrumentos para aumentar la validez. Se recomienda utilizar diferentes métodos y medidas independientes que lleguen a las mismas conclusiones, proporcionando validez y fiabilidad, como se ha aplicado en el presente estudio.

c. Implementación del proyecto

En España, el marco curricular se basa en contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje en la escuela primaria (Ministerio de Educación y Cultura MECD, 2014) y las competencias clave a lo largo de la vida (Parlamento Europeo y Consejo, 2006). Cabe considerar la metodología, que comprende tanto la descripción de las prácticas y la organización del trabajo de los docentes; en definitiva son un conjunto de estrategias, procedimientos y acciones organizadas para posibilitar el aprendizaje del alumnado y el logro de los objetivos. Teniendo en cuenta el marco normativo y los elementos curriculares se detalla el trabajo aplicado.

La intervención y trabajo de campo se lleva a cabo en 5º de educación primaria, durante el curso académico 2015-2016 en 10 sesiones de 45 minutos en el área curricular de Ciencias Sociales. Es recomendable plantear una metodología didáctica centrada en el alumno (Ausubel, Novak & Hanesian, 1983) basada en el aprendizaje colaborativo (Johnson, 2003; Johnson, 2006) asumiendo roles y posibilitando un trabajo activo y dinámico en el aula.

Las posibilidades de compartir contenidos a través de realidad aumentada introducen la capacidad de trabajar con presentaciones y elementos multimedia en toda comunicación, esto facilita el trabajo de determinados contenidos. Por otra parte, se destacan las grandes ventajas del trabajo con estos recursos en lo que se refiere al desarrollo de las habilidades relativas a la competencia digital y a la comprensión de los contenidos. Por tanto se trabajan habilidades de pensamiento crítico, pensamiento comprensivo y análisis de contenidos. Las posibilidades interactivas son más enriquecedoras por el hecho de que los alumnos pueden manipular objetos y trabajar grupalmente en todo momento. En la unidad didáctica que detallan contenidos de los íberos y se hace uso de la realidad aumentada como recurso a partir de una metodología de proyectos (Dewey, Kilpatrick).

- Fase I: Explorar las imágenes a través de la realidad aumentada con dispositivos móviles y con ordenadores. Tratar de identificar las diferentes esculturas desde un primer contacto y motivación.
- Fase II: Recopilación de información a través del trabajo grupal. Del arte, cultura y sociedad de los pueblos pre romanos y el motivo de esas figuras. Información detallada de cada una de ellas.
- Fase III: Identificar características generales del arte ibérico a través de la comparación de las diferentes obras. Elementos religiosos, de formas (ojos de almendra, cuerpo de animal, esfinges...)

En la primera fase se propicia la primera toma de contacto con las escenas de realidad aumentada, utilizando modelos desarrollados por el grupo de investigación "LabinTic: Laboratorio de integración de las TIC en el aula", de la Universidad de Castilla-La Mancha. Estos modelos se corresponden con las obras más representativas del arte ibérico de la zona sur este de España:

- Dama oferente del Cerro de los Santos (Montealegre del Castillo): <http://www.aumentaty.com/ws/index.php?escena=NDYwMQ>
- Caballo de Los Villares (Hoya Gonzalo) <http://www.aumentaty.com/ws/index.php?escena=NDYwMg>
- Cierva de Caudete: https://www.google.es/?gfe_rd=cr&ei=hIBZVovUKcGs8wfs8KXQBw
- -Caballo con jinete (Hoya Gonzalo): <http://www.aumentaty.com/ws/index.php?escena=NDY0Mw>

Para visualizar cada una de las escenas que se trabajan, cada modelo viene provisto de un código QR que enlaza con la escena de realidad aumentada (figura 2). Posteriormente, se abren con el software *Aumentaty Viewer*, y apuntando hacia el marcador de papel que se ha impreso, se pueden ver y manipular las imágenes.



Figura 1. Caballo de los villares en *Aumentaty Author*. Fuente: captura de pantalla de la aplicación

Las fases II y III se realizan en grupo. Los alumnos deben buscar información de cada una de las escenas de realidad aumentada manipuladas (figura 1), analizar de forma crítica y sintetizar el contenido. Para ello pueden hacer uso de Internet y de otros materiales facilitados por el profesor.

Como ejemplo de síntesis que aporta uno de los grupos (grupo 4) puede citarse:

“La Cierva de Caudete es una escultura en piedra del arte íbero del siglo V a. C. Se encontró dentro del término municipal de Caudete en la provincia de Albacete, donde también se encontró la Dama de Caudete. La Cierva de Caudete representa una cierva semisentada sobre sus rodillas, en un estado de conservación bastante aceptable”.

Tiene la cabeza erguida, los ojos son redondos, el cuello es liso y el cuerpo no posee muchos detalles. Su uso pudo ser funerario, al igual que otros muchos restos que se han hallado en la misma zona.



Figura 2. Pasos para utilizar *Aumentaty Viewer*. Fuente: Elaboración propia

El trabajo con estos recursos requiere de unas instrucciones claras y sencillas, que permiten una alfabetización digital y una operatividad que hacen posible la sesión y el trabajo con los contenidos curriculares propuestos. Se detalla paso a paso a los docentes y estudiantes el modo de integrar y aplicar estos recursos:

- Instale la aplicación *Aumentaty* en Google play.
- Descargue los marcadores aquí: <http://author.aumentaty.com/aumentatyMarkers.pdf>
- Imprima el último, el de la página 21-
- Pinche en alguno de los enlaces anteriores y pida abrirlo en el móvil con *Aumentaty*.
- Se descarga y con la cámara apunte al marcador de papel que ha impreso, para ver las figuras.

IV. Análisis de resultados

a. Dimensión 1: Realidad Aumentada y rendimiento académico

En la dimensión 1 se detallan los resultados de los exámenes o test relativos a la unidad didáctica de la Íberos, abordada en los grupos aula del presente estudio.

Por una parte, se analizan las diferencias del grupo de control con 22 alumnos, con el grupo experimental que tiene 73 alumnos. Para ello se hace uso del Test U de Mann de Whitney que tiene un valor de 749,500, un valor Z de -0,489 y rangos que se detallan en la tabla 3. En definitiva la significación del 0,625, superior a 0,01 que es el nivel de significación de referencia en esta investigación. A partir de estos datos se interpreta que no hay diferencias significativas respecto al rendimiento académico, por lo que se acepta la hipótesis nula: no se detecta que la aplicación de la Realidad aumentada mejore el rendimiento académico.

GC_GE	N	Rango promedio	Suma de rangos
Experimental	73	48,73	3557,50
Control	22	45,57	1002,50
Total	95		

Tabla 3. Rendimiento académico, Rangos. Test U de Mann de Whitney. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, se analiza el pre test y el post test en el marco del diseño cuasi experimental explicado. La información de los rangos (tabla 4) aporta la evidencia de que a pesar de que hay una mejora en el post test, con más rangos positivos, el valor que aporta la Z es de -1,861 y una significación en la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon de 0,63, que es mayor que el nivel de significación de 0,01. Por tanto, se rechaza la hipótesis de investigación y se acepta la hipótesis nula: no se detecta que la aplicación de la Realidad aumentada mejore el rendimiento académico.

Rangos	N	Rango promedio	Suma de rangos
Rangos negativos	14(a)	16,00	224,00
Rangos positivos	22(b)	20,09	442,00
Empates	37(c)		
Total	73		

Tabla 4. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon (a rendimiento_post < rendimiento_pretest, b rendimiento_post > rendimiento_pretest, c rendimiento_post = rendimiento_pretest). Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, la prueba de los signos (tabla 5) aporta una Z de -1,167, con una significación o *p* valor de 0,243, que es superior al nivel de significación del 0,01. Se rechaza la hipótesis de investigación y se acepta la hipótesis nula: no se detecta que la aplicación de la Realidad aumentada mejore el rendimiento académico. En la comparación de grupos relacionados se ha aplicado el test de Wilcoxon y la prueba de los signos, coincidiendo ambos test en rechazar la hipótesis de investigación. Por tanto, el hecho de contar con diferentes test y pruebas que aportan resultados similares, es coherente con una triangulación de datos y refuerza en gran medida la validez de los resultados obtenidos.

Diferencias	N
Diferencias negativas(a)	14
Diferencias positivas(b)	22
Empates(c)	37
Total	73

Tabla 5. Prueba de los signos, frecuencias (a rendimiento_post < rendimiento_pretest, b rendimiento_post > rendimiento_pretest, c rendimiento_post = rendimiento_pretest). Fuente: elaboración propia.

b. Dimensión 2: Realidad aumentada en Educación Primaria

La escala que se detalla en la tabla 6, se adapta de Sáez-López y Cózar (2017). La escala 1 "Aprendizaje activo" contiene cinco preguntas, presentes en Hiltz, Coppola, Rotter & Turoff (2000). La escala 2 "Contenidos de Historia del Arte, parte del estudio Sáez-López y Cózar (2017). La escala 3 de "Utilidad percibida", que se define como "el grado en que el trabajo se puede mejorar al plantear este proceso", consta de tres preguntas adaptadas a Davis (1989, 2002). Y la escala 4 "Diversión" durante las actividades de aprendizaje consta de cinco preguntas adaptadas de la escala creada por Laros y Steenkamp (2005).

Escala	Ítems	%				U	OP
		1	2	3	4		
1.- Aprendizaje Activo	1. Aprendidos muchos materiales fáticos	0	0	41,1	58,9	7,44	8,5
	2. Los temas centrales se identificaron	0	12,3	84,9	2,7	0,25	
	3. Se interesaron más en el tema	0	0	20,5	79,5	0,00	
	4. Participaron activamente	0	0	27,4	72,6	0,00	
	5. Los trabajos ayudaron al aprendizaje del estudiante	0	0	42,5	57,5	0,00	
2. Contenidos de Historia del Arte	1. Comprendidos elementos artísticos en obras	0	5,5	79,5	15,1	0,40	8,2
	2. Aprendidos contenidos históricos	0	15,1	45,2	39,7	0,74	
	3. Incrementada la competencia cultural	0	8,2	61,6	30,1	0,00	
	4. Mejorada la comprensión de expresiones artísticas	0	8,2	64,4	27,4	0,00	
	5. Aprender a analizar contenidos artísticos en obras	0	5,5	69,9	24,7	0,00	
3.-Utilidad Percibida	1. Se aumentó la eficiencia del proceso de aprendizaje	0	0	52,1	47,9	0,06	6,6
	2. El material didáctico ayudó a mejorar el rendimiento	0	0	80,0	19,2	0,63	
	3. El material didáctico fue útil	0	0	23,3	76,7	0,00	
4.-Diversión	1. Yo estaba feliz	0	0	16,4	83,6	0,00	9,1
	2. Me gustó mucho la actividad	0	0	20,5	79,5	0,00	
	3. Yo estaba entusiasmado	0	0	23,3	76,7	0,00	
	4. Me sentí motivado	0	0	27,4	72,6	0,00	
	5. Estaba relajado y cómodo	0	0	34,2	65,8	0,00	

Tabla 5. Dimensión 2. Escalas e ítems del cuestionario, análisis descriptivo, Test U de Mann-Whitney (U) y Observación Participantes (OP). Valores 1= Totalmente en desacuerdo, 2= En desacuerdo, 3= De acuerdo, 4= Totalmente de acuerdo. Fuente: elaboración propia.

Análisis descriptivo (b.1)

En el análisis de la escala 1 Aprendizaje Activo, se puede comprobar que la mayoría de los estudiantes aportan valoraciones positivas respecto a la consideración de este enfoque como esencial para desarrollar las actividades de aprendizaje utilizando estos recursos. Se destaca con valoraciones positivas del 100% y totalmente de acuerdo por encima del 70% que los alumnos se interesaron por el tema (1.3) y participaron activamente (1.4). Los alumnos detallan que han aprendido utilizando numerosos materiales (1.1) y los trabajos ayudaron al aprendizaje (1.5). El 87,7% destacan positivamente que se identificaron los temas centrales (1.2).

En lo que respecta a la escala 2 Contenidos de Historia del Arte (tabla 5, figura 3), se obtiene que casi el 95% de los sujetos comprenden los elementos artísticos en las obras estudiadas y aprenden a analizar contenidos históricos y artísticos en obras (ítems 2.1 y 2.5). Algo más del 90% afirman que ven incrementada la competencia cultural y artística, además de que se mejorada la capacidad

de comprender expresiones artísticas (ítems 2.3 y 2.4). Por último, el 85% de los alumnos apuntan a que han aprendido contenidos históricos.

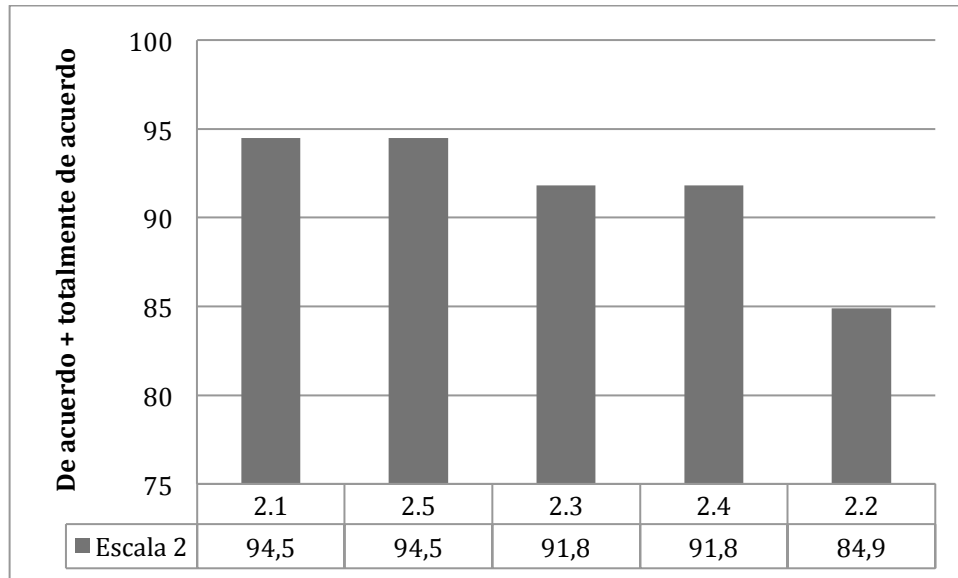


Figura 3. Escala 2. Contenidos de Historia del Arte. Fuente: elaboración propia.

En relación a la escala 3 utilidad percibida, se destaca que el 100% de los alumnos aportan valores positivos respecto a la utilidad de la realidad aumentada en el diseño y desarrollo de las actividades de aprendizaje. Consideran que se aumentó la eficiencia del proceso de aprendizaje y el material resultó útil (Ítems 3.1, 3.2 y 3.3)

Por último, en la escala 4 relativa a Diversión, los participantes aseguran que estaban contentos, motivados, que les gustó la actividad, y se sintieron relajados y cómodos en su desarrollo (Ítems 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5).

En general, los valores que se presentan en las escalas de la dimensión 2 Realidad aumentada en educación primaria, son bastante positivos, por encima del 85% en todos los ítems. Por tanto, desde un enfoque descriptivo, se valora muy positivamente la integración de la intervención descrita por parte de los sujetos, propiciando abordar contenidos con un enfoque activo, que es útil y satisfactorio para los alumnos.

Diseño pre experimental Test de U de Mann-Whitney (b.2)

En lo que respecta a inferencia estadística en la dimensión 2, se aplica una prueba no paramétrica para analizar muestras independientes y poder valorar los datos obtenidos, a partir de una comparación de medias del grupo de control y el grupo experimental. Solo se admiten mejoras significativas si el valor es menor de 0,01 en el Test de U de Mann-Whitney (nivel de significación de 0,01).

Se puede comprobar en la tabla 5 que se obtienen mejoras significativas en determinados ítems relativos a enfoques activos en procesos pedagógicos. Se destaca una mejora significativa en el interés del tema estudiado y en la participación activa de los estudiantes al integrar contenidos con Realidad Aumentada y estrategias metodológicas (ítems 1.3 y 1.4). Los trabajos desarrollados ayudaron significativamente al aprendizaje del estudiante (ítem 1.5).

Los alumnos del grupo experimental destacan una mejora significativa en la competencia cultural y artística al entender obras y expresiones artísticas, con una mejora en el aprendizaje de análisis de

contenidos históricos y artísticos (ítems 2.3, 2.4 y 2,5). También se aprecia una mejora significativa en el grupo experimental respecto a la utilidad del material didáctico (ítem 3.3).

En cuanto a la satisfacción y diversión de los estudiantes, se detalla una mejora estadísticamente significativa en todos los ítems de esta escala, por lo que lo alumnos mejoran claramente en satisfacción, entusiasmo y motivación al llevar a cabo las mencionadas prácticas (ítems 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5)

Observación participante (b.3)

La observación sistemática se define como el procedimiento estructurado e intencionado de mirar y examinar datos, objetos o fenómenos sin modificarlos. Esta técnica es fundamental para el trabajo de campo, pues permite obtener información valiosa en el contexto socio educativo (Sáez-López y Cózar, 2017). Desde el presente estudio se opta por un tipo de observación participante, en la que el investigador interviene activamente en las actividades objeto de estudio, con ciertas características, como subjetividad, empatía y comprensión. La aplicación de observación participante propicia una recolección de datos a lo largo de la intervención educativa con la interacción directa de los investigadores y participantes. Como se trata de observación sistemática estructurada, se clasifican sujetos u objetos en clases o categorías predefinidas.

La fiabilidad de este proceso de clasificación puede establecerse preguntando a dos evaluadores, para realizar independientemente esta clasificación con el mismo conjunto de objetos, participando en lo que se conoce como confiabilidad entre evaluadores. La confiabilidad o concordancia entre evaluadores es su grado de acuerdo. La prueba utilizada para esta medición es la kappa de Cohen, con el profesor (en cada escuela) y el investigador como evaluadores, teniendo en cuenta el nivel de acuerdo.

Las unidades de observación detalladas en las listas de control guardan coherencia con los indicadores del estudio: Rendimiento, Eficiencia, Evaluación, Resultados, Aprendizaje Activo, Contenidos de arte, Utilidad y Diversión. Los valores a partir de las escalas de estimación e instrumentos son coherentes con las dimensiones, indicadores e ítems del cuestionario administrado. Las valoraciones relativas a aprendizaje activo y contenidos aportan valores superiores a 8, mientras que la utilidad que guarda relación la eficiencia obtiene un valor algo por encima de 6. Los valores más altos (por encima de 9) se relacionan con la diversión, entusiasmo y motivación.

V. Conclusiones

Varias las investigaciones analizan la integración de la Realidad Aumentada en Educación, destacando numerosos beneficios y ventajas, como Motivación, Satisfacción, Enfoques activos, Pensamiento crítico y enfoques inmersivos (Cózar y Sáez, 2017). A partir de una triangulación de datos de los resultados mostrados, se puede concluir de un modo estructurado:

1. Los alumnos valoran positivamente el uso e integración de la Realidad Aumentada por las ventajas de participación activa (escala 1, ítem 1.4, apartado c).
2. No se aprecian mejoras estadísticamente significativas respecto al rendimiento académico, la eficiencia o la eficacia de estos enfoques (dimensión 1, tablas 3, 4 y 5; ítems 1.1, 1.2, 3.1, 3.2, apartado c).
3. Se destacan mejoras estadísticamente significativas en relación a que los alumnos se interesaron más en el tema con el uso de la Realidad aumentada con una importante motivación (ítems 1.3 y 4.4).

4. Los trabajos ayudaron al aprendizaje del estudiante propiciando una mejora significativa en la competencia cultural, en la capacidad de comprender expresiones artísticas y en la capacidad de analizar contenidos históricos y artísticos (ítems 1.5, 2.3, 2.4, 2.5, apartado c).
5. Los alumnos destacan mejoras significativas en su satisfacción a lo largo del proceso, detallando motivación, compromiso y entusiasmo (ítems 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 y apartado c).

Aunque los alumnos que han utilizado la Realidad Aumentada han mejorado los resultados respecto al grupo de control, las diferencias no son significativas, por lo que no se puede asegurar que el uso de estos recursos tecnológicos superen completamente los enfoques tradicionales y convencionales utilizados en el grupo de control. En otros factores si se detecta una mejora claramente significativa. Particularmente en la posibilidad de participación activa centrada en el alumnos al trabajar grupalmente los contenidos y manipular los modelos históricos en 3d, así como la motivación e interés en los temas estudiados.

Cabe resaltar que se destacan mejoras significativas en el reconocimiento de los contenidos artísticos al manipular completamente los objetos. Por ejemplo, debido a varios elementos, los alumnos entienden que las figuras trabajadas suelen ser funerarias, y perciben el estilo (ojos almendrados...). Por lo que los alumnos tienen la oportunidad de analizar las figuras con mayor detalle, lo que les permite un mejor análisis que ha propiciado la mencionada mejora.

En este sentido, y con los datos obtenidos en la prueba estadística, se puede concluir que los materiales han resultado útiles en los procesos de enseñanza aprendizaje. Este planteamiento además ha posibilitado unas sesiones de trabajo divertido, motivador y satisfactorio para el estudiante, propiciando el trabajo grupal, el análisis y la exploración de las distintas obras artísticas, con una mayor profundización en los contenidos del área de Ciencias Sociales.

En definitiva, no se aprecian mejoras significativas en el rendimiento académico o en la eficacia al aplicar la Realidad Aumentada. Sin embargo, se destacan otras ventajas muy importantes en relación a la motivación del alumnado, su satisfacción a lo largo del proceso, diversión, curiosidad al manipular modelos históricos en tres dimensiones y utilidad de los materiales empleados desde una perspectiva didáctica. La ventaja de poder manipular obras artísticas con detalle, permite comprender las expresiones artísticas y los detalles escultóricos esenciales para comprender determinadas culturas y elementos artísticos.

Es el momento de un impulso de la tecnología educativa en el contexto de Educación Primaria, pues la integración de recursos atractivos, sorprendentes e impactantes para el alumno, unido a enfoques de metodología didáctica centrada en el estudiante, comprenden una oportunidad única para la transformación educativa que lleva esperando varios siglos.

Como prospectiva y futuras investigaciones se pretende llevar a cabo un diseño pedagógico que permita y propicie técnicas grupales para el trabajo de contenidos del área curricular de ciencias sociales. Aunque el punto de partida en el presente estudio son los pueblos prerromanos, se plantea llevar a cabo proyectos a medio plazo con los romanos (ver figura 4) y otras épocas históricas.

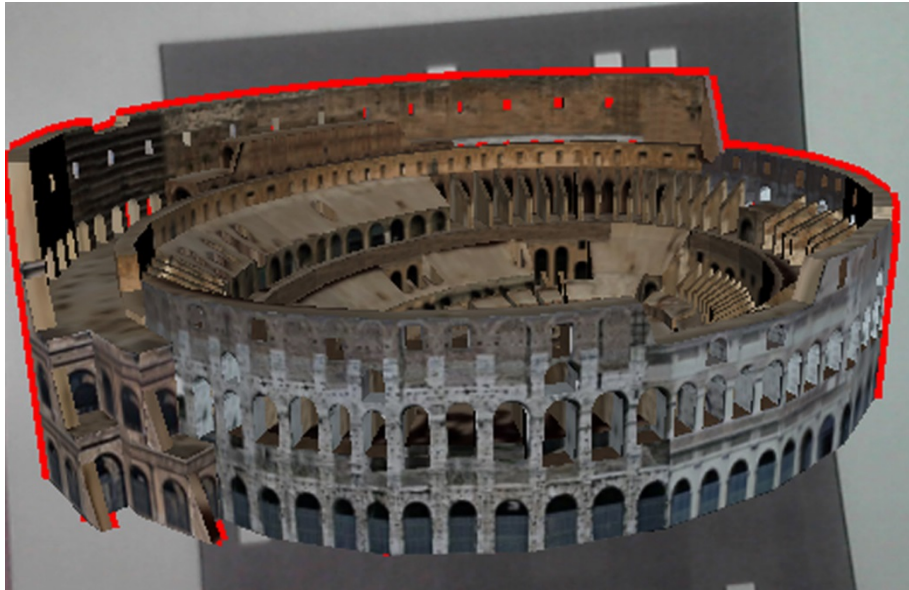


Figura 4. Coliseo romano. Fuente: captura de pantalla del programa *augmentaty*

Referencias

- Adams, S., Freeman, A., Giesinger, C., Cummins, M., y Yuhnke, B. (2016). *MC/CoSN Horizon Report: 2016 K-12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41, 16-25.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D., & Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- Azuma, R. (1997): A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S. y Kinshuk (2014). Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
- Barroso, J. y Cabero, J. (2016). Evaluación de objetos de aprendizaje en Realidad Aumentada: estudio piloto en el Grado de Medicina. *Enseñanza & Teaching*, 34(2), 149-167.
- Cabero, J. y Barroso, J. (2015). Realidad Aumentada: posibilidades educativas. En J. Ruiz-Palmero, J. Sánchez-Rodríguez y E. Sánchez-Rivas (Eds.). *Innovaciones con tecnologías emergentes*. Málaga: Universidad de Málaga.
- Cabero, J. y Barroso, J. (2016). The educational possibilities of Augmented Reality. *NAER. New Approaches in Educational Research*, 5 (1), 44-50.
- Cabero, J. y García, F. (Coords.) (2016). *Realidad aumentada. Tecnología para la formación*. Madrid: Síntesis.
- Cabero, J., García, F. y Barroso, J. (2016). La producción de objetos de aprendizaje en "Realidad Aumentada": la experiencia SAV de la Universidad de Sevilla. *International Journal of Educational Research and Innovation*. 6, 110-123.
- Carracedo, J. y Martínez, C.L. (2012): Realidad Aumentada: Una alternativa metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense. *IEEE-RITA*, 7(2), 102-108.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.

- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research methods in education*. London and New York, NY: Routledge Falmer.
- Cózar, R., De Moya, M.V., Hernández, J.A. y Hernández, J.R. (2015). Tecnologías emergentes para la enseñanza de las Ciencias Sociales. Una experiencia con el uso de Realidad Aumentada en la formación inicial de maestros. *Digital Education Review*, 27, 138-153.
- Cózar-Gutiérrez, R., y Sáez-López, J. M. (2017). Realidad aumentada, proyectos en el aula de primaria: experiencias y casos en Ciencias Sociales. *EDMETIC*, 6(1), 165-180.
- Creswell, J. W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approach*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technologies. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (2002). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982-1003.
- European Parliament and council (2006). Key Competences for Lifelong Learning – A European Framework. Official Journal of the European Union on 30 December 2006/L394. Retrieved from http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2006/l_394/l_39420061230en00100018.pdf
- Fombona, J. y Pascual, M.Á. (2017). La producción científica sobre Realidad Aumentada, un análisis de la situación educativa desde la perspectiva SCOPUS. *EDMETIC*, 6(1), 39-61.
- Fombona, J.; Pascual M.A. y Madeira, M.F. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 197-210.
- Fundación Orange (2016): eEspaña: La transformación digital del sector educación. Disponible en <https://goo.gl/AevRIr>
- Fundación Telefónica (2011). Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo. Madrid: Fundación Telefónica-Ariel.
- Gartner Research (2016). Hype Cycle for Emerging Technologies. Disponible en <https://goo.gl/KFnb1s>
- Goetz, J. P., & LeCompte, M. D. (1988). *Ethnography and qualitative design in educational research*. Madrid: Ediciones Morata.
- Gwet, K. L. (2014). *Handbook of inter-rater reliability: The definitive guide to measuring the extent of agreement among raters*. Gaithersburg, MD: Advanced Analytics, LLC
- Guba, E. G. y Lincoln, Y. S. (1981). *Effective evaluation*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1998). *Multivariate data analysis* (5th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Hiltz, S. R., Coppola, N., Rotter, N., & Turoff, M. (2000). Measuring the importance of collaborative learning for the effectiveness of ALN: A multi-measure, multi-method approach. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 4(2), 103-125.
- Johnson, D. W. (2003). Social interdependence: interrelationships among theory, research, and practice. *American Psychologist*, 58 (11), 934-945
- Johnson, G. (2006). Synchronous and asynchronous text-based CMC in educational contexts: a review of recent research. *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning*, 50 (4), 46-53.
- Johnson, L.; Adams Becker, S.; Cummins, M.; Estrada, V., Freeman, A. y Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Laros, F. J. M., & Steenkamp, J. B. E. M. (2005). Emotions in consumer behavior: A hierarchical approach. *Journal of Business Research*, 58(10), 1437-1445.
- Milgram, P. Y Kishino, F. (1994): A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D,12, 1321-1329.
- Ministerio de Educación y Cultura y Deporte, MECD (2014). Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. Retrieved from <http://www.boe.es/boe/dias/2014/03/01/pdfs/BOE-A-2014-2222.pdf>
- 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
- Prendes, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- Sáez-López, J.M. y Cózar, R. (2017). Programación visual por bloques en Educación Primaria: Aprendiendo y creando contenidos en Ciencias Sociales. *Revista Complutense de Educación*, 28(2), 409-426. http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCED.2017.v28.n2.49381
- Sáez-López, J. M., Miller, J., Vázquez-Cano, E., & Domínguez-Garrido, M. C. (2015). Exploring Application, Attitudes and Integration of Video Games: MinecraftEdu in Middle School. *Educational Technology & Society*, 18 (3), 114-128. Retrieved from: http://www.ifets.info/journals/18_3/9.pdf
- Sáez-López, J.M., Román-González, M. Y Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school. A two year case study using scratch in five schools. *Computers & Education*, 97, 129-141 .<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.003>
- Tecnológico de Monterrey (2015). Reporte EduTrends. Radar de Innovación Educativa 2015. 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 and Science Education*, 11(16), 9469-9481