



EDUCACIÓN PATRIMONIAL Y APLICACIONES DE ARQUEOLOGÍA VIRTUAL EN MUSEOS Y YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS

Un estudio de caso para el Museo del Mar de Santa Pola (España)

Heritage Education and Virtual Archaeology Applications in Museums and Archaeological Sites: a case study for the Santa Pola Sea Museum (Spain)

MARÍA JOSÉ CERDÁ BERTOMÉU¹, DANIEL MATEO CORREDOR², JUAN FRANCISCO ÁLVAREZ TORTOSA³

¹Instituto Mediterráneo de Estudios de Protocolo adscrito a la Universidad Miguel Hernández, España
^{2,3} Universidad de Alicante, España

KEYWORDS

Museums
Augmented Reality
Virtual Reality
Digital Heritage
Cultural Heritage
Heritage Education
Evaluation

ABSTRACT

The main objective of this research is to reflect on the effectiveness of virtual archaeology applications in school audiences for the understanding and learning of archaeological heritage. This is intended to appreciate how technologies such as Augmented Reality and Virtual Reality can add value to the educational proposals made by museums and archaeological sites that do not have this inclusion. The exploratory analysis of the case is carried out at the Santa Pola Sea Museum (Spain), which has developed this type of applications in the Roman archaeological site it manages, the Portus Ilicitanus.

PALABRAS CLAVE

Museos
Realidad Aumentada
Realidad Virtual
Patrimonio Digital
Patrimonio Cultural
Educación Patrimonial
Evaluación

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo principal reflexionar sobre la efectividad de las aplicaciones de arqueología virtual en públicos escolares para la comprensión y el aprendizaje del patrimonio arqueológico con el fin de aprehender de qué manera las tecnologías, como la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual, pueden aportar un valor añadido a las propuestas educativas realizadas por museos y sitios arqueológicos que no cuentan con esta inclusión. El análisis exploratorio del caso se realiza en el Museo del Mar de Santa Pola (España) que ha desarrollado este tipo de aplicaciones en el yacimiento arqueológico romano que gestiona, el Portus Ilicitanus.

Recibido: 10/ 07 / 2022

Aceptado: 26/ 09 / 2022

1. Introducción: Educación, Museo Local, Patrimonio Arqueológico y Tecnologías

Desde un enfoque microhistórico, el museo local es el gestor del patrimonio de un territorio concreto y en esta función, lo investiga, conserva, valoriza y difunde con el fin de explicar los procesos de transformación de una localidad. Custodia la memoria de una ciudadanía y se enfrenta, como institución basada en el conocimiento, a una profunda renovación de sus bases museográficas, que en un futuro serán, cada vez, más virtuales y audiovisuales, en la ardua tarea de decodificar el pasado y generar conocimiento significativo e interesante para sus públicos. En el museo, la construcción de significados resulta una misión fundamental para la interpretación del patrimonio y, por tanto, el museo ha de comunicar de forma efectiva unos mensajes concretos, que han de poseer tanto rigor científico como un cierto componente lúdico para generar interés. Para la implementación de un relato congruente que relacione piezas y sitio, resulta bastante común que los museos locales, vinculados a equipamientos concretos que albergan colecciones, custodien, investiguen y pongan en valor el patrimonio cultural, musealizando conjuntos arqueológicos singulares, al aire libre, que se hallen en el término municipal (Santacana & Lloch, 2008).

Tradicionalmente los museos y los yacimientos arqueológicos locales han estado vinculados con la tarea educativa, pero la manera en que se ha concebido esta vinculación, resultado de las demandas sociales, ha evolucionado a lo largo del tiempo (Zavala, 2006). Ciertamente, esta evolución ha ido acompañada del propio devenir de la definición de lo que es un museo y de lo que se espera de él como espacio para el conocimiento y el entretenimiento. En este sentido, la educación y la difusión en los museos se entiende como una tarea tanto didáctica o divulgativa como preventiva, pues al hacer comprensible un patrimonio se favorece la toma de conciencia de su importancia y fragilidad y se potencia el aprecio, el respeto y el interés por su conservación (Mateos *et al.*, 2016).

En la actualidad conviven dos paradigmas. Por un lado, se defiende que los museos resultan herramientas fundamentales para la investigación y educación formal y por otro, emerge la idea de que el museo es un espacio de educación no formal. En ambos sentidos y progresivamente, los museos sufren presión para desarrollar unas relaciones más estrechas y una comunicación más efectiva con sus públicos (Arriaga, 2011). Y esto es así, porque la función social de un museo cada vez está más cerca de ser entendida desde el punto de vista de la difusión y de la educación. Al fin y al cabo, el patrimonio es un elemento clave y de especial significado para la generación de conocimiento y la cohesión socio-territorial (Sada, 2012). A las funciones clásicas científicas, turístico-económicas y simbólicas de los sitios arqueológicos se une, desde unos años a esta parte, el valor educativo destinado a instruir y a sensibilizar a los públicos, con el fin de “comunicar ciertas informaciones percibidas como esenciales a la comprensión de contenidos científicos por parte de los visitantes” (Meunier & Poirier-Vannier, 2017, p. 2).

En este trabajo se entiende la educación patrimonial como la “disciplina que tiene como objeto articular los procesos de enseñanza-aprendizaje y difusión entre la sociedad, el patrimonio y las instituciones patrimoniales, en los diversos ámbitos educativos de carácter formal, no formal e informal” (Cuenca-López *et al.*, 2014, p. 1). La relevancia de esta función tiene su razón de ser en la creciente necesidad de interiorizar la cantidad ingente de información de la que disponemos y que, en ocasiones, se comprende poco. Así, el museo y el patrimonio vinculado a él, que investiga y valoriza, deviene un recurso privilegiado para el desarrollo cultural de una sociedad. De este modo, el museo y sus profesionales se han visto empujados a orientar su mirada hacia el *corpus* teórico y la práctica profesional vinculada a la educación formal y la pedagogía. Sin duda ninguna, el potencial del patrimonio arqueológico, que radica su conocimiento en el análisis de objetos materiales del pasado, es relevante para dotar de significatividad y concreción a los conocimientos abstractos que se desarrollan en las materias vinculadas a la Historia en las etapas de educación formal. Y esto es así porque:

La Historia, a diferencia de otras disciplinas que se enseñan y aprenden en el contexto escolar, no puede ser experimentada en un laboratorio ni replicada, ni observada directamente, pues el viaje en el tiempo es imposible. Esto implica que el alumnado deba desarrollar un alto componente de abstracción para poder comprender esta realidad pasada y usar su imaginación para poder acercarse a ella. (Vicent *et al.*, 2015, p. 84)

Bien enfocados, los yacimientos arqueológicos pueden convertirse en verdaderos recursos didácticos al servicio de dotar de sentido y significado al aprendizaje del pasado. Pero para ello se necesita de la mediación museográfica y de la intermediación didáctica, pues pueden resultar espacios de difícil comprensión para el público generalista (Calzado, 2020). De este modo, los museos dejan de poner el foco exclusivamente en la preservación del elemento patrimonial entendiéndolo que, al fin y al cabo, los recursos económicos, humanos y materiales de los que se dote a la institución para implementar esta tarea primordial, dependerán del sentido, del valor o de la significatividad que otorguen a este patrimonio las generaciones presentes y futuras. Dado que lo que se concibe como patrimonio es resultado de percepciones que están vivas resulta fundamental vincular los elementos patrimoniales con la comunidad del presente. Este enfoque entiende, por tanto, que la educación patrimonial resulta un pilar fundamental en las tareas del museo, pues la comunidad es clave para la construcción de identidades.

Esta voluntad didáctica y educativa de los museos y de los sitios arqueológicos está plenamente documentada en la literatura académica y, sin embargo, todavía se observa una práctica real de la gestión museal bastante alejada de estos requerimientos (Vicent, 2013; Rivero & Feliu, 2017; Santacana *et al.*, 2018). Son numerosas y habituales las visitas escolares a los museos y sitios arqueológicos, pero cabría preguntarse en qué grado la colaboración entre la institución museal y educativa se realiza de modo sistemático para que las visitas y experiencias apoyen realmente la docencia en las aulas, complementen los contenidos impartidos y la comprensión de éstos por parte del alumnado. Se encuentran limitados estudios sobre la incidencia real de estos proyectos educativos en los públicos escolares. Las investigaciones evaluativas existentes hasta la fecha han puesto fundamentalmente el foco en el estudio de los públicos y la satisfacción de los visitantes desde un punto de vista turístico. Por este motivo, desde la academia se denuncia la inexistencia de actuaciones de evaluación permanentes en el tiempo, destinadas a la valoración de programas de educación patrimonial quizá porque, en muchas ocasiones, los museos y sitios patrimoniales, presionados por las limitaciones de sus recursos, han concebido a los escolares como un público cautivo a los que no era necesario investigar (Cuenca-López *et al.*, 2014). De hecho, Cuenca-López *et al.* (2014), al estudiar el estado de la educación patrimonial en las instituciones museales españolas, concluyen que sus actividades de didáctica del patrimonio o educación patrimonial son escasas, difusas, poco interactivas y limitadamente vinculadas a propuestas que puedan ser trabajadas desde el ámbito de la educación formal.

Sin duda ninguna, la implementación de tecnologías puede favorecer la democratización de las oportunidades de aprendizaje y, en este sentido, tener un papel fundamental en la socialización y difusión del patrimonio al abrir la posibilidad de implementar nuevos recursos y lenguajes no decimonónicos que permitan un diálogo renovado entre las instituciones educativas y museales, más acorde a la cultura y la sociedad del s. XXI. Esta tendencia se ha visto acelerada por la llegada de la pandemia de la COVID-19 en la primavera del 2020, pues el cierre obligatorio de los museos y sitios patrimoniales forzó a estas instituciones a ofrecer información y experiencias de carácter digital y virtual para asegurar su supervivencia. Superados los efectos más importantes de la pandemia, la dimensión digital ha resultado un legado imprescindible con el fin de asegurar la capacidad del museo para mostrar sus colecciones a través de la generación de experiencias digitales (Granero, 2021).

Además, en muchas ocasiones, cuando se visita un yacimiento arqueológico resulta complejo para no expertos en la materia “elevar tridimensionalmente el espacio que estamos observando” (Rivero & Feliu, 2017, p. 2). Conscientes de ello, resulta tradicional apostar desde los museos y yacimientos arqueológicos, por una arqueología reconstructiva, que ha usado tradicionalmente como herramienta, el dibujo de los espacios, incorporando esta imagen o grafismo como información complementaria en los soportes informativos clásicos como paneles, maquetas, cartelas o audiovisuales utilizados como materiales didácticos. En este sentido, las reconstrucciones y recreaciones virtuales dotan de un nuevo significado a la arqueología reconstructiva y abren nuevas posibilidades para la educación patrimonial destinada a los escolares. Pero en ocasiones, en el marco de una sociedad del espectáculo, y ante la presión por diversificar las estrategias y los soportes comunicativos impactantes, la implementación de tecnologías en museos y sitios arqueológicos ha sido entendida como un fin en sí mismo, dando valor a su atractivo por su carácter innovador y no como un medio para favorecer la interpretación del patrimonio adecuado a los nuevos lenguajes y narrativas. En esta línea ha dominado el uso de tecnologías destinadas a la utilización turística del patrimonio más que a la función educativa propiamente dicha.

Es necesario resaltar que el uso de las tecnologías para la difusión del patrimonio arqueológico ha emergido con una gran fuerza en los últimos años, siendo la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual Inmersiva -ambas objeto de análisis en este estudio- las que mayor aplicación y desarrollo están experimentando en este ámbito. La Realidad Virtual Inmersiva se refiere al entorno de escenas creado por ordenador que, observado a través de un visor, simula una experiencia sensorial completa que ofrece la sensación de estar dentro de ese entorno, desapareciendo el mundo real. En esencia, la principal diferencia respecto a la Realidad Aumentada es que en la Realidad Virtual el usuario se traslada fuera del mundo real, que es reemplazado por uno virtual. Para su visualización se necesita de un dispositivo tipo casco con gafas y, por lo general, se requiere conectar con un ordenador con capacidad suficiente para renderizar el espacio virtual (si bien, en los últimos años se están desarrollando modelos de gafas con procesadores integrados que permiten su funcionamiento de forma independiente). Aunque con experiencias previas desde los años 60, la eclosión de la Realidad Virtual no se produjo hasta avanzados los años 90, vinculada a la extensión de los ordenadores personales (Liu *et al.*, 2017; Navarro *et al.*, 2019). En los últimos cinco años la generalización de modelos de gafas a un menor coste ha permitido una aceleración en la expansión del uso de esta tecnología.

Por Realidad Aumentada entendemos la combinación de información digital y física en tiempo real a través de dispositivos tecnológicos que son los que añaden la información virtual. El término Realidad Aumentada identifica a “un tipo de realidad mixta formada por la integración coherente con la realidad física y en tiempo real de una capa de información digital que puede ser diversa (texto, símbolos, audio, vídeo y/u objetos tridimensionales) y con la que es posible la interacción, con el resultado de enriquecer o alterar la información de la realidad física en la que se integra” (Cabero & García, 2016, p. 15). A esta tecnología se accede mediante dispositivos móviles, por lo general, tabletas o móviles inteligentes. Aunque esta tecnología hizo su aparición ya en la década de los

años 60 no fue hasta la década de los 90 cuando recibió la denominación de Realidad Aumentada y se intensificó su desarrollo. Entre las ventajas de la Realidad Aumentada respecto a la Realidad Virtual se encuentra que en la Realidad Aumentada se observa el mundo real, combinándose lo real y lo virtual, permite la interacción en tiempo real y su ubicación en el mismo sistema de coordenadas que la realidad. Por lo tanto, se trata de una tecnología no invasiva y que no presenta un alto coste, que por sus características es ideal para integrarse en las visitas a yacimientos arqueológicos. Al combinar el mundo real con el virtual la Realidad Aumentada permite superponer épocas, generando experiencias didácticas e innovadoras (Esclapés *et al.*, 2017), lo que explica su creciente empleo para el ámbito arqueológico o en el patrimonio cultural en general. En este sentido, un hito clave fue el proyecto europeo *Augmented Reality-Based Cultural Heritage On-Site Guide (ARCHEOGUIDE)*, desarrollado entre los años 2000 y 2003 y con el que se utilizó la tecnología de la Realidad Aumentada para generar visitas guiadas de yacimientos arqueológicos de la antigua Grecia (Vlahakis *et al.*, 2001).

Esta investigación, de carácter exploratorio, tiene como objetivo principal reflexionar sobre la efectividad de las aplicaciones de arqueología virtual para el aprendizaje del patrimonio arqueológico en públicos escolares (Rivero & Feliu, 2017). Aspira a comprender de qué manera tecnologías como la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual pueden aportar un valor añadido a las propuestas educativas realizadas por museos y sitios arqueológicos que no cuentan con esta inclusión (Vicent *et al.*, 2015). Su pertinencia viene motivada por la escasez de estudios previos y la indeterminación de un aparato metodológico claro tal y como se expondrá en el apartado dedicado al análisis bibliométrico de las publicaciones científicas realizadas en este campo. Ciertamente, la investigación del uso de aplicaciones de arqueología virtual posee un relativo grado de profusión en campos de estudio como la usabilidad y satisfacción del usuario, aplicados fundamentalmente a visitantes con fines turísticos.

En este trabajo, sin embargo, se pone el foco en la utilidad de estas herramientas al servicio de la educación patrimonial de públicos escolares en coordinación con los objetivos del currículo educativo formal. Este estudio se ha fundamentado sobre el análisis exploratorio de un caso concreto, el Museo del Mar de Santa Pola, museo reconocido en el Red Valenciana de Museos, y que ha desarrollado este tipo de aplicaciones en el yacimiento arqueológico romano que gestiona, el *Portus Illicitanus* (Santa Pola, Alicante, España). En esta investigación se exploran las bases metodológicas para futuras investigaciones diacrónicas que utilicen una muestra representativa de la población de estudio para el caso presentado (públicos escolares que acuden al Museo del Mar) y aplique la necesaria triangulación metodológica mediante la combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas de investigación social para el objeto de estudio (Vicent *et al.*, 2015).

2. Objetivos

Como se ha adelantado en la introducción y dados los limitados antecedentes que se encuentran en la bibliografía científica -tal y como quedará descrito posteriormente en el apartado de resultados- el objetivo general de este trabajo consiste en realizar un estudio exploratorio sobre los usos de la tecnología aplicada a la educación patrimonial en yacimientos arqueológicos. Para ello se realizará el análisis de un caso concreto que permita, junto con la información aportada por los escasos estudios precedentes, establecer una metodología suficiente para un análisis posterior en profundidad del propio caso de estudio, con la aspiración de poder replicar las herramientas de análisis en otros yacimientos arqueológicos que hayan desarrollado aplicaciones de Realidad Aumentada y Virtual.

3. Metodología

Para la consecución de estos objetivos, en primer lugar, se realizará una revisión de los estudios precedentes con el fin de entender la naturaleza de las investigaciones previas en este campo de estudio. Para ello, se presentará un análisis bibliométrico de la producción científica de mayor impacto sobre este campo con el fin de conocer el panorama internacional de la investigación en esta materia y de los estudios concretos que abordan la evaluación de la eficacia de las aplicaciones de Realidad Aumentada y Virtual en el ámbito educacional para los yacimientos arqueológicos. Con este fin se utilizará la base de datos *Scopus* y la de la colección principal de *Web of Science*.

En cuanto al análisis del caso y ante la carencia en los trabajos precedentes de un marco metodológico claro, autores como Vicent *et al.* (2015) apuntan a la necesidad de emplear la triangulación metodológica en estos estudios sustentada en una sólida revisión del marco teórico como paso previo a la observación y análisis de una serie de hechos o trabajo de campo. Este trabajo de campo, además del estudio bibliométrico, resulta fundamental el estudio de caso, pues la propuesta ha de reconocerse en su hábitat natural, que es el museo o yacimiento arqueológico. Esta defensa de la triangulación metodológica por los autores anteriormente citados viene condicionada porque "las experiencias no solo están influenciadas por las características del sistema interactivo sino también por el estado de ánimo del usuario y el contexto en el que ocurre la interacción" (Ardito *et al.*, 2009, p. 27). Esta triangulación se puede conseguir bien combinando el uso de diferentes técnicas cuantitativas y cualitativas para un conjunto de datos, o bien mediante la recogida de información en diferentes momentos para un caso único. Dado el carácter exploratorio de esta investigación, la metodología cualitativa se ha considerado la más adecuada en esta primera fase de estudio, entendiendo que favorece el conocimiento de la naturaleza

interpretativa de la experiencia de interacción que se produce entre los visitantes y el patrimonio musealizado. El objeto de esta investigación encuentra un precedente en el ya referido estudio puntual de Calzado (2020) para la evaluación de las herramientas digitales en el yacimiento arqueológico de Empúries (Girona) que también es exploratorio y utiliza una metodología cualitativa. En este sentido, y redundando en lo anteriormente apuntado, cabe destacar que la metodología cualitativa permite reconocer los aspectos que tienen más relevancia para los públicos y posibilita un conocimiento previo necesario para el diseño de otras herramientas de investigación cuantitativa, de diseño posterior (Zavala, 2006).

Dada la necesidad de un estudio de campo, se ha escogido el Museo del Mar de Santa Pola con el fin de analizar el caso de un museo que incorpora a la interpretación del patrimonio arqueológico una aplicación de Realidad Aumentada y otra de Realidad Virtual. Para el reconocimiento de la dimensión educativa de la visita se ha apostado por la implementación de una metodología cualitativa basada en el diseño de un cuestionario con preguntas abiertas y dos *focus group*. Se han seleccionado dos grupos de bachillerato humanístico, compuestos por 15 miembros, de un Instituto de Educación Secundaria de la localidad, con formación previa similar y número equivalente de componentes. El primer grupo, acompañado de su profesor de Historia, ha recibido una visita guiada tradicional soportada con la explicación de un arqueólogo especializado y el apoyo de pannelería en la Casa Romana del *Portus Ilicitanus* y en la *cetaria* o factoría de salazones de La Picola. El segundo grupo ha realizado una visita mediada con una aplicación de Realidad Aumentada locutada para la Casa Romana y ha visitado virtualmente la recreación virtual, también locutada, de la factoría, realizada a partir de la investigación científica obtenida durante una serie de campañas de excavación (Álvarez *et al.*, 2020, 2021; Mateo & Álvarez, 2021; Molina, 2005; 2012; 2022). En ambas visitas, se aportó una información similar utilizando diferentes formas, medios, lenguajes y recursos de mediación. Los dos grupos, al finalizar la visita, realizaron, a petición de los investigadores, un cuestionario individual de preguntas abiertas y anónimo destinado a conocer el grado de comprensión conceptual de los contenidos desarrollados y de satisfacción de la visita. Posteriormente, una semana después, los investigadores desplazados al centro educativo, llevaron a cabo dos *focus groups*, uno con cada grupo educativo, con el fin favorecer y complementar la calidad e interpretación de la información aportada por los cuestionarios y su contenido. En esta conversación, mediada por uno de los investigadores, el alumnado y el profesorado se han expresado con total libertad describiendo con mayor amplitud y complejidad los dos tipos de experiencia 'analógica' y 'digital' y su contribución a la comprensión, utilidad y satisfacción de la narrativa desarrollada. Posteriormente, los investigadores han transcrito los resultados de las quince encuestas realizadas para cada grupo y de los dos *focus groups* analizando cualitativamente las respuestas otorgadas a las preguntas abiertas. Las preguntas más numerosas (8 de las 12 preguntas propuestas) se focalizaron en la comprensión de las explicaciones con el fin de valorar la adquisición de contenidos conceptuales sobre el yacimiento arqueológico concibiendo como correctas las respuestas abiertas que recogían los aspectos esenciales de las explicaciones dadas y de los contenidos desarrollados en materia patrimonial. Otras -las 4 preguntas restantes-, sin embargo, se focalizaron en conocer la satisfacción de la visita y la posibilidad de ser recomendada.

4. El caso de estudio

El Museo del Mar de Santa Pola, el cual pertenece a la Red Valenciana de Museos, tiene su sede central ubicada en un Castillo Fortaleza renacentista, declarado Bien de Interés Cultural. Además, siguiendo la filosofía de gestión del museo-territorio, ha generado unas salas externas musealizadas en materia arqueológica en el antiguo puerto de la colonia romana de *Ilici* (La Alcudia, Elche), el denominado *Portus Ilicitanus* (Santa Pola, Alicante). La zona ocupada por el antiguo puerto romano se extendía por una amplia área del actual término municipal, donde distintas zonas pertenecientes a este enclave salieron a la luz tras una serie de excavaciones arqueológicas. Como resultado de las mismas, además de la documentación científica recabada, estas zonas del yacimiento pasaron a constituir un testimonio visible de este pasado. Gracias a proyectos coparticipados con Fondos Europeos ciertas áreas excavadas del *Portus Ilicitanus* fueron musealizadas, dotándose una de ellas de una aplicación de Realidad Aumentada. Del mismo modo, se ha desarrollado una aplicación de Realidad Virtual sobre un espacio especialmente destacado de este mismo yacimiento.

El primer espacio donde se centra esta investigación es la Casa Romana del *Portus Ilicitanus*. Se trata de un edificio residencial del siglo IV d.C. que organiza sus distintas estancias en torno a un patio central. En él se documentó parte de su aparato ornamental, caracterizado principalmente por sus pinturas murales y por sus pavimentos musivos. Descubierta en 1983, fue excavado de manera intermitente (Sánchez *et al.*, 1986; 1989; Sánchez, 2012) hasta que en 2019 se llevó a cabo un proyecto para ponerlo en valor y abrirlo al público. Dicho proyecto incluyó la realización de una aplicación de Realidad Aumentada diseñada para facilitar su interpretación (Cerdá *et al.*, 2021). Por otra parte, el área de La Picola alberga el conjunto de restos arqueológicos más emblemático del *Portus Ilicitanus*. Destacan particularmente un fortín ibérico del siglo IV a.C. y una factoría de salazones romana o *cetaria* de los siglos IV y V d.C. Tras su descubrimiento en 1987 fue intervenida arqueológicamente por un equipo hispano-francés (Moret & Badie, 1998; Badie *et al.*, 2000) hasta que la Universidad de Alicante asumió su dirección científica desde 1997. Este segundo edificio es otro de los puntos de la antigua área portuaria utilizados

en esta investigación. Dedicado a la elaboración de salazones y salsas de pescado como el *garum* estaba dotado de una sala de limpieza y despiece, de piletas para la fermentación y de una estancia pavimentada en mosaico interpretada como la oficina del gestor de la *cetaria* (Molina, 2005; 2012; 2022). El área de La Picola, en la que se encuentra situado el edificio de la *cetaria*, no se encuentra musealizada. Sin embargo, el Museo del Mar cuenta en las dependencias de su sede central en el Castillo Fortaleza con dos salas en las que, mediante una aplicación de Realidad Virtual, se puede experimentar una recreación de la factoría de salazones de época romana (Figura 1).

Figura 1. Imágenes de la visita del alumnado a la *cetaria* (Realidad Virtual) y a la Casa Romana



Fuente: Elaboración propia.

5. Resultados

Tal y como ya ha sido expuesto con anterioridad, esta investigación desarrolló en primera instancia un análisis bibliométrico con el fin de evaluar el estado actual de la investigación científica sobre la tríada integrada por la educación patrimonial, los yacimientos tecnológicos y las nuevas tecnologías. Posteriormente, fueron efectuadas las encuestas a los grupos escolares escogidos con el fin de indagar acerca de estas mismas cuestiones, así como sendos *focus groups* con el fin de contrastar los resultados obtenidos en las mismas. Se presentan a continuación los resultados de ambos.

5.1. Resultados del análisis bibliométrico

En los últimos años, en paralelo al despegue de estas tecnologías y a su aplicación al patrimonio arqueológico e histórico, se han ido desarrollando distintos trabajos de investigación sobre la aplicación de ambas tecnologías en el ámbito del patrimonio arqueológico. A continuación, se presenta un análisis bibliométrico de la producción científica de mayor impacto sobre este objeto de estudio con el fin de describir el estado de la investigación en esta materia que vincula el estudio de los conceptos educación patrimonial, yacimientos arqueológicos y tecnología. Para ello se utilizará la base de datos *Scopus* y la de la colección principal de *Web of Science*. En *Scopus* se empleará el campo "Article title, Abstract, Keywords" y en la *Web of Science* el campo "topic", que recoge los mismos elementos. Atendiendo al objeto de nuestra investigación se ha realizado una revisión de los estudios publicados a partir entre el año 2001, excluyendo el año 2022 pues la información ofrecida es parcial, al estar actualmente en curso. Para ello se eligieron inicialmente los descriptores "archaeological sites", "virtual reality" y "augmented reality", de modo que apareciesen todas las publicaciones en las que se hiciese referencia a yacimientos arqueológicos y que, a su vez, refiriesen al menos una de las dos tecnologías.

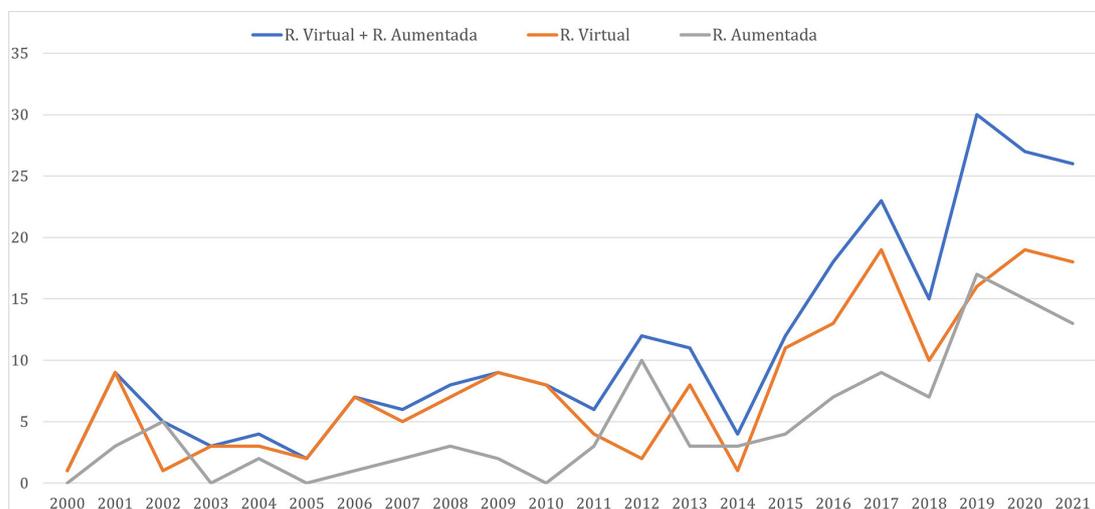
Tabla 1. Ecuaciones y resultados de la búsqueda en Scopus y Web of Science (consulta: 26/6/2022)

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Resultados
Scopus	(TITLE-ABS-KEY („archeological sites“) AND TITLE-ABS-KEY („augmented reality“) OR TITLE-ABS-KEY („virtual reality“))	253
Scopus	(TITLE-ABS-KEY („archeological sites“) AND TITLE-ABS-KEY („virtual reality“))	181
Scopus	(TITLE-ABS-KEY („archeological sites“) AND TITLE-ABS-KEY („augmented reality“))	112
Scopus	(TITLE-ABS-KEY („archeological sites“) AND TITLE-ABS-KEY („augmented reality“) OR TITLE-ABS-KEY („virtual reality“) AND TITLE-ABS-KEY (evaluation) OR TITLE-ABS-KEY (testing))	28
Scopus	(TITLE-ABS-KEY („archeological sites“) AND TITLE-ABS-KEY („augmented reality“) OR TITLE-ABS-KEY („virtual reality“) AND TITLE-ABS-KEY (evaluation) OR TITLE-ABS-KEY (testing) AND TITLE-ABS-KEY (education) OR TITLE-ABS-KEY (educational))	8
Web of Science	TS=(„archaeological sites“) AND (TS=(„virtual reality“) OR TS=(„augmented reality“))	28
Web of Science	„archaeological sites“ (Topic) and „virtual reality“ (Topic)	16
Web of Science	„archaeological sites“ (Topic) and „augmented reality“ (Topic)	16
Web of Science	TS=(„archaeological sites“) AND (TS=(„virtual reality“) OR TS=(„augmented reality“)) AND (TS=(„evaluation“) OR TS=(„testing“))	2
Web of Science	TS=(„archaeological sites“) AND (TS=(„virtual reality“) OR TS=(„augmented reality“)) AND (TS=(„evaluation“) OR TS=(„testing“)) AND (TS=(„education“) OR TS=(„educational“))	0

Fuente: elaboración propia.

El mayor número de registros lo ofrece *Scopus* en la que aparecen 253 publicaciones, que presentan una clara tendencia creciente (Figura 2). Esta tendencia en la literatura científica sobre este campo cabe relacionarla con el importante incremento en el desarrollo de ambas tecnologías durante los últimos 20 años en el ámbito arqueológico y es la evolución esperable cuando nace un nuevo campo científico. Con todo, en los últimos años se observa un cierto estancamiento, que debería confirmarse en los próximos años, lo que podría relacionarse con que esta área se está asentando. Si dentro de las publicaciones sobre yacimientos arqueológicos se analiza de forma separada aquellas en las que se incluye el descriptor “*virtual reality*”, respecto a las que recogen el término “*augmented reality*”, se observa una mayor presencia de los trabajos sobre Realidad Virtual, con 181 obras, mientras que las que refieren a la Realidad Aumentada se quedan en 112. En todo caso, ambas mantienen una evolución similar, con un progresivo aumento durante todo el periodo objeto de estudio.

Figura 2. Contribuciones en Scopus (cruce de “archaeological sites”, “virtual reality” y “augmented reality”)



Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de conocer cuántos de estos trabajos se han centrado en evaluar el uso y aplicación de estas técnicas en yacimientos arqueológicos, se ha realizado una nueva búsqueda en *Scopus* a la que se ha incorporado los términos “*evaluation*” o “*testing*”. Como resultado se han encontrado 28 trabajos (el 89% de ellos son de la última década), de los que únicamente 8 recogen algún descriptor del ámbito educativo como “*education*” o “*educational*”.

Al realizar una búsqueda bajo los mismos parámetros en la *Web of Science* únicamente aparecen 28 obras en las dos últimas décadas que incluyan el descriptor “*archaeological sites*” y, al menos una de las dos tecnologías, aunque de nuevo con notable incremento en la parte final del periodo (el 71% en los últimos 5 años). En *Web of Science* tanto la Realidad Virtual como la Realidad Aumentada presentan 16 registros cada una, siendo solo dos las publicaciones si se incorporan los descriptores relacionados con la evaluación e inexistentes si se introduce los términos sobre educación.

Dentro de los escasos trabajos que evalúan el resultado de estas tecnologías en los usuarios, la mayoría se centran en analizar los niveles de satisfacción, así como otros aspectos como la jugabilidad, facilidad de uso o la diversión alcanzada con el uso de estas tecnologías. Este es el caso, por ejemplo, del trabajo pionero del proyecto *ARCHEOGUIDE* (Vlahakis *et al.*, 2001) donde, tras su aplicación en el yacimiento griego de Olimpia, se sintetiza el resultado de un cuestionario en el que se verifica la buena recepción de los usuarios a este sistema, especialmente en el público joven. En otras contribuciones sobre Realidad Aumentada se desarrollan planteamientos y resultados similares (Cinotti *et al.*, 2004; Galatis *et al.*, 2016; Tiriteu & Vert 2020; Cisternino *et al.*, 2021). Cabe destacar el análisis de la aplicación móvil de Realidad Aumentada multisensorial empleada en el yacimiento romano de *Conimbriga* (Portugal), que evidencia el valor añadido que ofrece la tecnología de Realidad Aumentada para la difusión del patrimonio arqueológico con una amplia aceptación por parte del de las personas usuarias (Marto *et al.*, 2016; Marto & Gonçalves, 2019).

En el ámbito de la Realidad Virtual destaca el reciente trabajo de Almuraikhi *et al.* (2021) en el que reproducen un espacio arqueológico real y lo visualizan a través de Realidad Virtual, analizando aspectos como la usabilidad o la inmersión conseguida, obteniendo unos resultados muy favorables respecto a la aplicación de esta tecnología para el ámbito del patrimonio cultural, similares resultados a los obtenidos en otros estudios (Cassidy *et al.*, 2018). Por otro lado, algunas evaluaciones sobre aplicaciones de Realidad Virtual se han centrado en su eficacia para enseñar prácticas específicas, tanto en yacimientos arqueológicos terrestre (Cassidy *et al.*, 2019) o en arqueología subacuática (Doležal *et al.*, 2019). En estos casos, el fin de la aplicación en sí misma era la adquisición de determinadas competencias por lo que la evaluación sí que incorpora algún elemento que permite conocer el nivel del aprendizaje adquirido.

Por el contrario, apenas se ha valorado el uso de este tipo de tecnologías en museos y yacimientos arqueológicos con el fin de conocer su capacidad de contribuir a la educación patrimonial. Con cierta frecuencia en los cuestionarios se recoge alguna pregunta al usuario sobre si considera que ha aprendido (Liarokapis *et al.*, 2020), pero sin profundizar en herramientas que permitan comprobar la validez de esa percepción. Una de las principales excepciones la constituye el estudio de Ibáñez-Etxeberria *et al.* (2012), donde se analiza la aplicación de estas tecnologías mediante dispositivos móviles en distintos yacimientos arqueológicos. En los distintos casos presentados se observa un nivel de satisfacción muy alto desde el punto de vista turístico y educativo. En este último ámbito, sobre todo se insiste en su papel como herramienta que genera un mayor motivación y entusiasmo por el ámbito arqueológico, siendo más notables los resultados en los casos de aplicaciones especialmente diseñadas con un fin educacional. También cabe reseñar el reciente trabajo de Calzado (2020) sobre el yacimiento de Empúries, en el que la autora, a partir de un cuestionario a un grupo reducido, analiza el uso de distintas herramientas, incluyendo la Realidad Virtual y en el que sí se incorpora un pequeño apartado sobre conocimientos específicos adquiridos.

En definitiva, una revisión de la bibliografía apunta a escasas experiencias de evaluación de las herramientas virtuales al servicio de la educación patrimonial para públicos escolares. Y de estas pocas iniciativas son menos las que realizan una evaluación sistemática con estudios diacrónicos que nos permitan tener perspectiva más allá de estudios parciales y puntuales (Vicent *et al.*, 2015; Calzado, 2020). Aun así, los museos y sitios arqueológicos son recursos de excepcional valor para implementar y evaluar nuevos formatos de aprendizaje y “el hecho de que actualmente la propia presencia de la tecnología valide el interés innovador, y lo atractivo del producto, lleva a entender que esta no necesita evaluación, (es un) razonamiento que, a nuestro entender, resulta absolutamente erróneo” (Vicent *et al.*, 2015, p. 21).

5.2. Resultados de las encuestas y de los focus groups

Los dos modelos de encuestas realizadas por los grupos de estudiantes -es decir, el correspondiente a la visita convencional a Casa Romana y a la *cetaria* de La Picola y el que valora los resultados obtenidos en los mismos yacimientos con la mediación de nuevas tecnologías digitales- fueron diseñados para incorporar 8 preguntas -4 para cada yacimiento- que permitiesen observar el grado de comprensión conceptual respecto a los contenidos

expuestos. A la hora de valorar la corrección de las respuestas hemos considerado erróneas tanto las que no aportan aspectos esenciales de los contenidos solicitados como las que quedaron sin contestar (Tabla 2).

Tabla 2. Encuestas realizadas y resultados obtenidos en cada grupo

	Pregunta	Gr. Visita Convencional	Gr. Nuevas Tecnologías
PREGUNTAS COMPRENSIÓN CONCEPTUAL	1. ¿Qué tipo de edificio de época romana has visitado en el parque de El Palmeral? Menciona al menos 2 de sus habitaciones y su uso	90% resp. correctas	60% resp. correctas
	2. ¿Cómo se consiguió la información sobre las pinturas del edificio romano del parque de El Palmeral?	40% resp. correctas	40% resp. correctas
	3. ¿Dónde se colocaban los participantes en los banquetes romanos en la época en la que estuvo en uso el edificio del parque de El Palmeral?	100% resp. correctas	80% resp. correctas
	4. Menciona al menos dos de las funciones del Patio del edificio romano del parque de El Palmeral	100% resp. correctas	26'6% resp. correctas
	5. ¿Qué tipo de producto se elaboraba principalmente en la <i>cetaria</i> de la Picola?	90% resp. correctas	20% resp. correctas
	6. ¿Qué tipo de pescado se utilizaba?	80% resp. correctas	20% resp. correctas
	7. ¿Para qué sirven las balsas de la <i>cetaria</i> ?	40% resp. correctas	13'3% resp. correctas
	8. ¿Cuál era el uso de la habitación con mosaico de la <i>cetaria</i> ?	70% resp. correctas	53'3% resp. correctas
PREGUNTAS SATISFACCIÓN	9. ¿Recomendarías esta visita a familiares y amigos?	100% Sí	73'4% Sí 26'6% Sí (con matizaciones)
	10. ¿Cuál es tu nivel de satisfacción con la visita?	70% 10-9 30% 8	66'7% 10-8 33'3% menor de 8
	11. En tu opinión, ¿qué mejorarías de la visita?	80% mejorar condiciones La Picola 20% no propone mejoras	53'3% problemas audio locución app. Casa Romana 20% simplificar interfaz app. Casa Romana 20% cambios en instalaciones/organización 6'6% incrementar espacios visibles app. Casa Romana
PREGUNTAS ESPECÍFICAS	12. ¿Crees que el uso de herramientas digitales puede ayudar el aprendizaje? Puntúa del 0 al 10 la utilidad para el aprendizaje las siguientes herramientas: -R. Aumentada -R. Virtual	X	R. Aumentada 13'3% 10-9 66'6% 8-7 30% 6-5 R. Virtual 53'3% 10-9 46'6% 8-7
	13. ¿Qué te parecería si para las visitas arqueológicas se aplicaran aplicaciones de realidad virtual o aumentada?	70% a favor 30% no necesario, pero valora el aporte	X

Fuente: Elaboración propia.

Un examen preliminar revela que el grupo que realizó la visita convencional presenta un mayor número de respuestas correctas. Los diez alumnos y alumnas que compusieron este grupo contestaron correctamente a las preguntas 3 y 4. En las preguntas 1 y 5 este nivel desciende al 90%, mientras que las preguntas 6 y 8 alcanzan el 80% y el 70% respectivamente. Finalmente, las preguntas que obtienen un menor porcentaje de aciertos son la 2 y la 7, ambas de ellas con únicamente un 40%. Si se comparan entre sí las preguntas correspondientes a cada uno de los yacimientos podemos observar que las preguntas formuladas sobre Casa Romana han sido respondidas

con menos errores que las correspondientes a la *cetaria* de La Picola: en el primer caso el total de respuestas correctas asciende al 82'5%, mientras que en el segundo alcanza el 70%.

En cuanto al segundo grupo -el cual llevó a cabo una visita basada en el empleo de nuevas tecnologías digitales aplicadas a la interpretación patrimonial- estaba integrado por un total de 15 alumnos y alumnas. Tal y como ya hemos adelantado, sus respuestas obtienen peores resultados que los registrados en el grupo anterior. En este caso ninguna de las preguntas ha sido contestada correctamente por todo el grupo. El mayor índice de aciertos lo alcanza la pregunta 3, con un 80% del total. A un nivel inferior, las preguntas 1, 8 y 2 obtienen una cantidad de respuestas acertadas del 60%, del 53'3% y del 40% respectivamente. En el resto de preguntas presenta unos resultados menores. La pregunta 4 alcanza tal solo el 26'6%, mientras que las preguntas 5 y 6 comparten un 20% de aciertos. Por último, se encuentra que la pregunta con menor índice de aciertos es la 7, con únicamente un 13'3% del total. Al igual que en el caso anterior, se comprueba que las preguntas asociadas a Casa Romana obtienen mejores resultados que las realizadas sobre la *cetaria* de La Picola, con un 51'6% frente al 33'3% de la segunda.

Estos resultados tomados en conjunto llevan a anticipar una mayor comprensión de los contenidos presentados mediante una visita guiada tradicional que a través de las aplicaciones digitales. Del mismo modo, de los dos yacimientos -Casa Romana y *cetaria* de La Picola- es el segundo el que alcanza un porcentaje menor de respuestas correctas en los dos grupos.

La segunda parte de las encuestas valora el nivel de satisfacción de las dos modalidades de visita. Ambas comparten 3 preguntas comunes, mientras que cada una de ellas cuenta además con una pregunta específica adicional. Iniciando el examen de las preguntas comunes se ratifica que en los dos casos los alumnos y las alumnas recomendarían la misma visita que han recibido a familiares y amigos. A pesar de ello hemos de reflejar que algunas de las respuestas apuntan ciertas matizaciones, todas ellas (26'6% del total) realizadas dentro del grupo guiado con medios digitales.

Del mismo modo, el nivel de satisfacción con la experiencia entre los participantes de los dos grupos es total. Dentro del grupo que realizó la visita convencional se obtienen las máximas calificaciones donde únicamente el 30% puntúa la experiencia con un 8 sobre 10, mientras que el resto indica -ya sea de manera numérica o enunciativa- una satisfacción mayor. Por el contrario, en el caso del otro grupo hasta un 33'3% de sus integrantes proporcionan una calificación inferior a 8 sobre 10 o especifican de manera desarrollada que la experiencia no cumplió con sus expectativas.

En la última de las cuestiones comunes, referida a las mejoras sugeridas para optimizar la visita en ambas modalidades, se registra que la gran mayoría de los alumnos y alumnas que realizaron la visita convencional -80%- insta a mejorar las actuales condiciones de mantenimiento del área de La Picola, yacimiento que no ha sido puesto en valor. El resto de los integrantes de este grupo -20%- no considera que sea necesario realizar mejora alguna respecto al modelo de visita que han experimentado. Sin embargo, en el grupo que realizó la visita apoyada en herramientas digitales se encuentran sugerencias de mejoras más dispares. Hasta un 53'3% de las respuestas coinciden en remarcar que la aplicación de Realidad Aumentada empleada en la visita a Casa Romana presentaba problemas a la hora de atender a las locuciones debido a que se mezclaba el sonido procedente de los distintos dispositivos que las estaban reproduciendo. Por otra parte, un 20% de las respuestas se refiere nuevamente a la aplicación de Realidad Aumentada de Casa Romana para proponer una simplificación de su manejo. Las referencias directas a la aplicación de Realidad Aumentada de Casa Romana finalizan con el 6'6% de las respuestas, en las que se plantea aumentar el número de espacios de este yacimiento que son presentados durante la visita. Finalmente, un 20% de las respuestas no se refieren a cuestiones técnicas o de contenidos de la visita y sugieren cambios en las instalaciones o en la organización de las visitas. Se comprueba así que ninguno de los dos grupos sugiere cambios en los contenidos, sino que, por el contrario, remarcan mejoras en las instalaciones o en las herramientas digitales. Del mismo modo, hemos de subrayar que dentro de este último grupo la aplicación de Realidad Aumentada de Casa Romana es la única que resulta mencionada, sin que se apunten posibles mejoras para la Realidad Virtual de la *cetaria* de La Picola.

Las encuestas incorporan además una pregunta específica para cada grupo. Aquel que realizó una visita convencional a los yacimientos se le planteó que opinasen acerca de incorporar herramientas digitales a la experiencia que había realizado. El 70% de las respuestas viene a apuntar que la participación de estos elementos enriquecería la experiencia. El 30% restante señala que prefiere la visita guiada tradicional sin que por ello deje de reconocer el aporte positivo que proporcionarían las herramientas digitales.

Al segundo grupo, el cual realizó la visita disponiendo únicamente de herramientas digitales, se le preguntó acerca de su experiencia con la aplicación de Realidad Aumentada de Casa Romana y con la de la Realidad Virtual de la *cetaria* de La Picola. En el caso de la primera solo el 13'3% calificó la experiencia como sobresaliente. La mayor parte de los alumnos y alumnas encuestados -66'6%- consideraron que había resultado notable, mientras que el 30% le asigna un aprobado. Esta situación cambia con la Realidad Virtual, donde las calificaciones son más elevadas. Efectivamente, en este caso el porcentaje de sobresalientes se eleva al 53'3% y el de notables al 46'6%, sin que ninguna calificación descienda por debajo de esta franja.

Respecto a los *focus groups*, dentro del grupo que realizó la visita convencional se valoró muy positivamente la presencia de un guía porque permitía incidir en elementos clave de los yacimientos. Del mismo modo, se expresó que el grupo percibió una notable diferencia entre la visita a un yacimiento puesto en valor -Casa Romana- y a otro no musealizado -La Picola-. Este último aspecto queda perfectamente reflejado en la encuesta realizada, donde las preguntas relacionadas con datos del primer yacimiento obtuvieron más respuestas correctas que las del segundo. Respecto a la posibilidad de combinar una visita tradicional con herramientas digitales que sirvan de soporte a los contenidos el alumnado se declaró casi unánimemente a favor de esta opción. Salvo uno de los participantes que remarcó su preferencia por no alterar la realidad visible con herramientas que faciliten su interpretación, el resto del grupo consideró que las ayudas digitales facilitarían la visualización de determinados elementos de los yacimientos y enriquecerían la explicación del guía.

La conversación que se mantuvo con los participantes de la visita realizada con herramientas digitales se decantó porque las visitas integren tanto la presencia de un guía como el empleo de otros elementos auxiliares. Expusieron que a pesar de que las nuevas tecnologías permitían a los visitantes entender mejor las estructuras visibles gracias a sus reconstrucciones virtuales no permitían responder preguntas y dudas. Asimismo, indicaron que las herramientas visuales generaron un cierto efecto de distracción respecto a los contenidos, por lo que resultaba difícil atender a la explicación del audio mientras exploraban las distintas posibilidades que ofrecían los entornos recreados virtualmente. Nuevamente, se comprueba que los resultados de las encuestas muestran esta realidad al presentar unos porcentajes de respuestas correctas acerca de los yacimientos menores de lo esperado, efecto provocado por la distracción producida por los entornos virtuales.

Se observa finalmente que, en los comentarios y aportaciones realizadas por los profesores a los investigadores acerca de sus impresiones sobre la experiencia que efectuaron ambos grupos de alumnos, se viene a corroborar algunos de los aspectos observados en las encuestas y los *focus groups*. Destacan que pese a que las aplicaciones digitales ayudan a entender mejor los yacimientos visitados tienen como contrapartida que en la muestra escogida han provocado la distracción de los alumnos y alumnas, impidiendo seguir adecuadamente la narración de los audios. Aún así, se muestran partidarios de este tipo de herramientas siempre que se respalden por profesionales cualificados en arqueología que acompañen la visita.

6. Discusión

Dados los escasos trabajos que abordan desde un punto de vista de la educación patrimonial la adquisición de conocimientos integrados en relación con el desarrollo del currículo educativo de materias humanísticas -fundamentalmente orientadas al aprendizaje de la Historia- por parte de los públicos escolares, se encuentra una referencia clara anterior a este trabajo en el realizado por Calzado (2020) para el yacimiento de Empúries (Girona) en el caso español. Aunque existen ciertas diferencias metodológicas en el plan de trabajo y metodología usada, las dos investigaciones tienen en común el poseer un carácter exploratorio y realizar mediante cuestionarios un trabajo de campo con visitas acompañadas por el personal investigador con implementación posterior de cuestionarios que, en este caso, se complementan interpretativamente con la realización de dos *focus groups*.

En ambas investigaciones, además de enfocar el trabajo en la valoración general de la satisfacción de la visita, se ahonda en el reconocimiento y la comprensión de los conocimientos adquiridos, mediados o no, por herramientas tecnológicas como la Realidad Aumentada y Virtual sobre el yacimiento arqueológico. En los dos casos, se han encontrado altos índices de satisfacción con la visita y la recomendación de ésta a amigos y familiares, pero también ciertos problemas en la comprensión y la interiorización de los contenidos emitidos, lo que nos hace reflexionar sobre la necesidad de seguir testando los discursos emitidos, su tono, lenguaje y duración con el fin de ser lo más comprensible posible para el alumnado de un modo realista y útil facilitando la tarea de los docentes de la educación reglada. En los dos casos, aparece manifiesto que, a pesar de los esfuerzos de divulgación de museos y sitios arqueológicos, la tarea de educación patrimonial es altamente compleja y los resultados reales con el alumnado son todavía limitados.

Para el caso de Santa Pola -y más en concreto para la unidad patrimonial centrada en la *cetaria*- estos problemas de comprensión se ahondan tanto en la visita realizada por el arqueólogo facilitador del museo como por la mediada por la propia aplicación de Realidad Virtual. Los motivos son diversos y debemos acudir a las amplias explicaciones emitidas en los *focus group* y van desde cuestiones vinculadas con la usabilidad en un contexto real de la aplicación como con la dificultad interpretativa de los restos arqueológicos que requieren de una mejor conservación y musealización.

En ambas investigaciones también se hace notar una limitación en el trabajo realizado desde el museo. Resulta necesario contextualizar el uso de las aplicaciones para que previamente el alumnado entienda qué es Realidad Virtual y qué es Realidad Aumentada y qué corresponde con una recreación o con una reconstrucción. En definitiva, se necesita explicar mejor cuáles son las fuentes de información científica sobre las que se fundamentan los trabajos tecnológicos implementados, el proceso de desarrollo científico-tecnológico realizado, por qué se ha optado por una u otra solución y qué aporta cada una de las aplicaciones. Si no se aborda esta debilidad se corre el riesgo de que los alumnos y las alumnas se centren en la experiencia tecnológica, en su espectacularidad y en su jugabilidad,

pero obvien o se desenfocuen con respecto a los contenidos científicos que se están emitiendo desde un modo lúdico en paralelo. Este efecto de 'distracción' de la atención de las tecnologías es un resultado común para las dos investigaciones y resulta un hito de atención para el trabajo futuro en museos y yacimientos arqueológicos. También es común en ambos trabajos que, a pesar de estas limitaciones, las y los estudiantes visitantes defiendan el uso y extensión de estas aplicaciones en los yacimientos arqueológicos y museos.

7. Conclusiones

Esta investigación es un estudio exploratorio con una muestra de investigación limitada y concreta que, sin embargo, ha permitido obtener una serie de reflexiones y aprendizajes que serán clave para el diseño de futuros estudios, máxime si se considera el escaso volumen de trabajos científicos sobre este particular que han sido realizados hasta la fecha.

En primer lugar, se ha de destacar que las herramientas que se diseñen para consecutivas investigaciones en el campo de la educación patrimonial en museos y yacimientos arqueológicos deben abordar, de un modo diferenciado, preguntas que trabajen ejes diferentes como la usabilidad, la satisfacción, la adquisición de conocimientos vinculados con la educación formal y la sensibilización patrimonial con el objetivo de medir el grado de efectividad del proceso comunicacional para el desarrollo de contenidos conceptuales y actitudinales. Siendo así, las herramientas digitales orientadas a la educación formal deben explorar las posibilidades de adaptación de la presentación de sus contenidos a distintos tipos de públicos, así como a sus necesidades específicas. Sin embargo, la ausencia de bibliografía específica sobre este particular revela que en la actualidad todavía no se ha despertado en la comunidad científica una preocupación real sobre el desarrollo de contenidos adaptados con fin educativo. En el caso de esta investigación tanto la aplicación de Realidad Aumentada de Casa Romana como la Realidad Virtual de la *cetaria* fueron diseñadas para generar herramientas orientadas al turismo cultural, sin que en los productos resultantes se incidiese específicamente en su potencial educativo para grupos escolares. No cabe duda de que el empleo de herramientas diseñadas específicamente con este fin hubiese dado lugar a resultados notablemente distintos en las encuestas, contribuyendo a disipar el efecto de distracción y a focalizar mejor al público visitante en los contenidos. Ambos elementos -la escasez de trabajos previos y la limitada adaptabilidad de contenidos- han marcado un límite claro en esta investigación.

En segundo lugar, esta investigación pone de manifiesto la necesidad de un trabajo de divulgación previo a la propia visita escolar por parte del museo en el que se contextualice y se explique las herramientas utilizadas, sus fines y los contenidos científicos que desarrollan. De este modo se facilitará conocer mejor dónde residen los focos de bondades y problemas concretos que nos permitan plantear un listado de buenas prácticas a las que museos y sitios arqueológicos pueden atender cuando se enfrentan a proyectos de virtualización del patrimonio con fines de educación patrimonial.

Las encuestas revelan un elevado grado de satisfacción en los dos grupos, sin que se aprecie que el empleo de nuevas tecnologías aporte una ventaja desde la perspectiva de los encuestados sobre las visitas tradicionales. Empero, no hay que obviar que pese a las propuestas de mejoras de problemas puntuales de las herramientas digitales empleadas existe un amplio consenso a la hora de considerar la inclusión de estos apoyos. Esta realidad lleva a proponer la realización de una experiencia similar, en la que uno de los grupos de control reciba una visita convencional reforzada con nuevas tecnologías y de contrastar los resultados con los obtenidos en esta experiencia.

A modo de conclusión de este trabajo, se puede afirmar que las recreaciones y reconstrucciones virtuales poseen un gran potencial para atraer el interés del alumnado por la Historia y mejorar la comprensión del yacimiento arqueológico y que, a su vez, son una herramienta propicia para el aprendizaje de contenidos concretos y tangibles vinculados con la implementación de contenidos en materias humanísticas de los currículos oficiales. Ahora bien, para que la visita sea un verdadero contexto de aprendizaje de la Historia y no simplemente una jornada distinta de esparcimiento externa al aula, será necesario seguir investigando sobre qué protocolos de actuación deben implementar museos y sitios arqueológicos antes, durante y después de la visita y sobre qué cuestiones se han de atender en el desarrollo de las aplicaciones para mejorar su utilidad como recurso destinado a la educación patrimonial en públicos escolares. Esto apunta a una nueva línea de investigación donde también se ponga el foco en los docentes y sus necesidades y no solo en la percepción y adquisición de competencias del alumnado.

8. Agradecimientos

Esta investigación no hubiera sido posible sin la colaboración del equipo directivo y académico del Instituto de Educación Secundaria Cap de L' Aljub de Santa Pola (Alicante).

Referencias

- Almuraikhi, N., Almalki, F., Aldahnim, F., & Halabi, O. (2021). Virtual reality for rich interaction with cultural heritage sites. En X. Fang (eds.) *HCI in Games: Serious and Immersive Games. HCII 2021*, Lecture Notes in Computer Science, v. 12790 (pp. 319-328). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77414-1_23
- Álvarez, J. F., Mateo, D. & Molina, J. (2020). Actuaciones arqueológicas en la factoría de salazones piscícolas de La Picola-Portus Ilicitanus (Santa Pola, Alicante. Resultado de las campañas 2017-2018. En AA.VV., *Actes de les Jornades d'Arqueologia de la Comunitat Valenciana, 2016-2017-2018*. (pp. 201-208). Generalitat Valenciana. <http://hdl.handle.net/10045/113219>
- Álvarez, J. F., Bujalance, R. & Mateo, D. (2021). Aproximación a la historia de un enclave portuario. El caso de Santa Pola (Alicante) desde la Antigüedad a la Alta Edad Media. En J. C. Márquez, R. Navalón & J. L. Soler (Eds.), *Comercio y comunicaciones en el corredor del Vinalopó. Patrimonio Histórico-Cultural del Vinalopó* (pp. 115-142). Ayto. Elda. <http://hdl.handle.net/10045/125128>
- Ardito, C., Buono, P., Costabile, M., Lanzilotti, R. & Piccinno, A. (2009). Enabling Interactive Exploration of Cultural Heritage: An Experience of Designing Systems for Mobile Devices. *Knowledge, Technology & Policy*, 22, 79-86. <https://doi.org/10.1007/s12130-009-9079-7>
- Arriaga, A. (2011). Desarrollo del rol educativo del museo: narrativas y tendencias actuales. *Revista Digital de LAV*, 7, 13-36. <https://dx.doi.org/10.5902/198373483070>
- Badie, A., Gailledrat, P., Moret, P., Rouillard, P., Sánchez Fernández, M^a J. & Sillières, P. (2000). *Le site antique de La Picola à Santa Pola (Alicante, Espagne)*. Casa de Velázquez.
- Cabero, J. & García, F. (2016). *Realidad aumentada. Tecnología para la formación*. Síntesis.
- Calzado, I. (2020). Evaluación y análisis de herramientas digitales en el yacimiento arqueológico de Empúries, Catalunya. *Tourism & Heritage Journal*, 2, 58-71. <https://doi.org/10.1344/THJ.2020.2.5>
- Cassidy, C.A., Fabola, A., Rhodes, E., & Miller, A. (2018). The making and evaluation of pics and pixels: Mixed exhibiting in the real and the unreal. En *Communications in Computer and Information Science*, v. 840 (pp. 97-112). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93596-6_7
- Cassidy, B., Sim, G., Robinson, D.W., & Gandy, D. (2019). A Virtual Reality Platform for Analyzing Remote Archaeological Sites. *Interacting with Computers*, 31(2), 167-176. <https://doi.org/10.1093/iwc/iwz011>
- Cerdá, M^a J., Álvarez, J. F., Molina, J. & Mateo, D. (2021). El Museo del Mar. Su papel en la configuración del relato de marca territorio: el caso de las salas externas Portus Ilicitanus. En AA.VV., *Museus Territorials. V Jornades de Museus i col·leccions museogràfiques de la Comunitat Valenciana* (pp. 235-247). Generalitat Valenciana. <http://hdl.handle.net/10045/122950>
- Cinotti, T.S., Nagaraj, R., Mincoletti, G., Raffa, G., Roffia, L., & Sforza, F. (2004). WHYRE: A context-aware wearable computer for museums and archaeological sites. En *The Eighth International Symposium on Wearable Computers* (pp. 174-175). IEEE Computer Society <https://doi.org/10.1109/ISWC.2004.49>
- Cisternino, D., Corchia, L., De Luca, V., Carola, G., Liaci, S., Scrivano, L., Trono, A., & De Paolis, L.T. (2021). Augmented Reality Applications to Support the Promotion of Cultural Heritage, *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 14(4), 47. <https://doi.org/10.1145/3460657>
- Cuenca-López, J.M., Martín-Cáceres, M.J., Ibáñez-Etxebarria, A. & Fontal, O. (2014). La educación patrimonial en las instituciones patrimoniales españolas. Situación actual y perspectivas de futuro. *CLIO. History and History teaching*, 40. <http://clio.rediris.es/n40/articulos/mono/MonCuencaetal2014.pdf>
- Doležal, M., Vlachos, M., Secci, M., Demesticha, S., Skarlatos, D., & Liarokapis, F. (2019). Understanding underwater Photogrammetry for maritime Archaeology through Immersive Virtual Reality. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(2/W10), 85-91. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W10-85-2019>
- Esclapés Jover, F. J., Frías Castillejo, C., & Molina Vidal, J., (2017). Virtualizar un yacimiento para interpretar el pasado. La guía interactiva de realidad aumentada del museo al aire libre Villa Romana de l'Albir (L'Alfàs del Pi, Alicante). En C. Frías Castillejo & J. A. López (eds) *II Jornades de Museos y Colecciones Museográficas Permanentes de la Comunidad Valenciana. Nuevas tecnologías aplicadas a la gestión turística del patrimonio arqueológico* (pp. 14-27). Ayuntamiento de l'Alfàs del Pi. <http://hdl.handle.net/10045/122945>
- Galatis, P., Gavalas, D., Kasapakis, V., Pantziou, G., & Zaroliagis, C. (2016). Mobile augmented reality guides in cultural heritage. En *MobiCASE 2016 - 8th EAI International Conference on Mobile Computing, Applications and Services* (pp. 11-19). ICST. <https://doi.org/10.4108/eai.30-11-2016.2266954>
- Granero, I. (2021). La aceleración digital del museo post-covid. En M. Salanova & J.L.Pérez (Ed.), *Innovación desde el museo. Ensayos sobre emergencia cultural* (pp. 50-61). Generalitat Valenciana.
- Ibáñez Etxebarria, A.I., Asensio, M., Vicent, N., & Cuenca, J.M. (2012). Mobile devices: A tool for tourism and learning at archaeological sites. *International Journal of Web Based Communities*, 8 (1), 57-62. <https://doi.org/10.1504/IJWBC.2012.044682>
- Liarokapis, F., Vidová, I., Rizvić, S., Demesticha, S., & Skarlatos, D. (2020). Underwater Search and Discovery: From Serious Games to Virtual Reality. En C. Stephanidis, J. Y. C. Chen & G. Fragomeni (eds) *HCI International*

- 2020 – *Late Breaking Papers: Virtual and Augmented Reality. HCII 2020*, Lecture Notes in Computer Science, v. 12428 (pp. 178-197). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59990-4_15
- Liu, D., Dede, C., Huang, R., & Richards, J. (Eds.) (2017). *Virtual, augmented, and mixed realities in education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7>
- Marto, A., & Gonçalves, A. (2019). Mobile AR: User evaluation in a cultural heritage context, *Applied Sciences*, 9 (24), 5454. <https://doi.org/10.3390/app9245454>
- Marto, A., Melo, M., Goncalves, A., & Bessa, M. (2016). Development and Evaluation of an Outdoor Multisensory AR System for Cultural Heritage, *IEEE Access*, 9, 16419-16434. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050974>
- Mateo, D. & Álvarez Tortosa, J. F. (2021). Arqueología marítima del Portus Ilicitanus (Santa Pola). *Canelobre*, 72, 141-160. <http://hdl.handle.net/10045/122838>
- Mateos, S., Marca, G. & Attardi, O. (2016). La difusión preventiva del patrimonio cultural. Trea Ediciones.
- Meunier, A. & Poirier-Vannier, E. (2017). La exposición en los museos de sitio como herramienta de sensibilización al patrimonio arqueológico. *Estudios Pedagógicos*, 43(4), 1-9. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052017000400016>
- Molina, J. (2005). La *cetaria* de Picola y la evolución del Portus Ilicitanus (Santa Pola, España). En J. Molina & M^a J. Sánchez (Eds.), *III Congreso Internacional de Estudios Históricos. El Mediterráneo: la cultura del mar y la sal (Santa Pola, 24 al 27 de octubre de 2004)* (pp. 110-145). Santa Pola. <http://hdl.handle.net/10045/18415>
- Molina, J. (2012). La *cetaria* bajoimperial de Picola (Santa Pola, Alicante). En: M^a J. Sánchez (Coord.), Santa Pola. Arqueología y Museo (pp. 138-141). Ayto. de Santa Pola.
- Molina, J. (2022). El Portus Ilicitanus (Santa Pola, Alicante): evolución y tráfico comercial en la época imperial. En R. Azuar & O. Inglese (coords.), *Carta arqueológica subacuática de Alicante II: El Sinus Ilicitanus (Santa Pola/Tabarca - Pilar de la Horada, Alicante) Siglos V a.C. - XIX d.C.* (pp. 93-112). MARQ-Diputación de Alicante.
- Moret, P. & Badie, A. (1998). Metrología y arquitectura modular en el puerto de La Picola (Santa Pola, Alicante) al final del siglo V a.C. *Archivo Español de Arqueología*, 71, 53-61. <https://doi.org/10.3989/aespa.1998.v71.274>
- Navarro, F., Martínez, A., & Martínez, J. M. (2018). *Realidad Virtual y Realidad Aumentada: desarrollo de aplicaciones*. RA-MA Editorial.
- Rivero, P. & Feliu, M. (2017). Aplicaciones de la arqueología virtual para la Educación Patrimonial: análisis de tendencias e investigaciones. *Estudios Pedagógicos*. 43(4), 1-8. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052017000400017>
- Sada, P. (2012). Patrimonio Arqueológico. Aprendizaje de la Historia y Educación. En C. Ferrer & J. Vives (Ed.), *Construcciones y usos del pasado: patrimonio arqueológico, territorio y museo. Jornadas de debate del Museu de Prehistoria de València* (pp. 153-167). Diputación de Valencia. <http://mupreva.org/pub/1316/va>
- Sánchez, M^a J. (2012). El puerto romano de Santa Pola. En M^a J. Sánchez (Coord.), *Santa Pola. Arqueología y Museo* (pp. 126-137). MARQ. https://www.marqalicante.com/contenido/publicaciones/pub2_87.pdf
- Sánchez, M^a J., Blasco, E. & Guardiola, A. (1986). *Portvs Ilicinanvs. Datos para una síntesis*. Ayto. de Santa Pola.
- Sánchez, M^a J., Guardiola, A. & Blasco, E. (1989). *Portvs Ilicitanvs: excavaciones en la Casa Tardorromana de "El Palmeral". Santa Pola (Alicante). Campaña de 1983*. Valencia.
- Santacana, J. & Lloch, N. (2008). *Museo Local. La cenicienta de la cultura*. Trea Ediciones.
- Santacana, J., Asensio, M. & Lloch, N. (coord.) (2018). *App, arqueologia & m-learning. Reconstruir, restituir, interpretar i avaluar app*. Rafael Dalmau Editores.
- Tiriteu, D., & Vert, S. (2020). Usability Testing of Mobile Augmented Applications for Cultural Heritage—A Systematic Literature Review. *17th Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction - RoCHI 2020* (pp. 137-144). <https://doi.org/10.37789/rochi.2020.1.1.21>
- Vicent, N. (2013). Evaluación de un programa de educación patrimonial basado en tecnología móvil. [Tesis Doctoral]. Universidad del País Vasco. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/14321>
- Vicent, N., Ibáñez-Etxebarria, A. & Asensio, M. (2015). Evaluación de programas de educación patrimonial de base tecnológica. *Virtual Archaeology Review*, 6(13), 20-27. <https://doi.org/10.4995/var.2015.4367>
- Vicent, N., Rivero & Feliu, M. (2015). Arqueología y tecnologías digitales en Educación Patrimonial. *Educatio Siglo XXI*, 33(1), 83-102. <https://doi.org/10.6018/j/222511>
- Vlahakis, V., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Almeida, L., Stricker, D., Gleue, T., Christou, I. T., Carlucci, R., & Ioannidis, N. (2001). Archeoguide: first results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage sites. En *VAST'01: Proceedings of Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage International Symposium* (pp. 131-140). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/584993.585015>
- Zavala, L. (2006). El paradigma emergente en educación y museos. *Opción*, 22(50), 1-6. <https://www.redalyc.org/pdf/310/31005006.pdf>