

REVISIONES

## Aplicaciones de la arqueología virtual para la Educación Patrimonial: análisis de tendencias e investigaciones\*

Applications of virtual archeology for heritage education:  
trend and research analysis

*Pilar Rivero,<sup>a</sup> Maria Feliu<sup>b</sup>*

<sup>a</sup>Facultad de Educación. Universidad de Zaragoza  
Correo electrónico: privero@unizar.es

<sup>b</sup>Universidad de Barcelona  
Correo electrónico: mfeliu@ub.edu

### RESUMEN

Se analizan las posibilidades de contribuir a la Educación patrimonial a través de la integración de la arqueología virtual (reconstrucciones y recreaciones virtuales, realidad aumentada, etc.) en propuestas didácticas planteadas desde diversas metodologías. Para ello se tienen en cuenta de diferentes proyectos de innovación y de investigación educativa que se han tenido como base visualización, manipulación, clasificación o construcción de objetos virtuales de carácter arqueológico, algunos de ellos en el entorno de la web social colaborativa o web 2.0.

*Palabras clave:* didáctica del patrimonio, arqueología reconstructiva, realidad aumentada, web 2.0, ciencia ciudadana.

### ABSTRACT

The possibilities of contributing to heritage education through the integration of virtual archeology (virtual recreations and recreations, augmented reality, etc.) are analyzed in didactic proposals raised from different methodologies. To this end, we consider different projects of innovation and educational research that have been based on visualization, manipulation, classification or construction of archaeological virtual objects, some of them in the environment of the social web 2.0.

*Keywords:* heritage teaching, reconstructive archeology, augmented reality, web 2.0, citizen science.

---

\* EDU2016-78163-R: "Educomunicación web 2.0 del Patrimonio" MINECO, FEDER.

## 1. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DEL RESTO ARQUEOLÓGICO

Al visitar un yacimiento arqueológico se suelen tener distintas reacciones generadas, obviamente, por el interés que suscita el espacio pero también condicionadas por la formación y educación que uno ha recibido, sea de manera formal o no. Para la gran mayoría de personas que no han estudiado arqueología puede ser, sin duda, un entorno difícilmente comprensible. Y es que el resto arqueológico no se suele poder interpretar por sí mismo, salvo que se tenga una formación determinada (Masriera, 2008; Rivero, 2008). En general, dado el estado de conservación de los restos arqueológicos de carácter arquitectónico por su degradación por el paso del tiempo o su reutilización, la principal dificultad de comprensión está muy vinculada a la tercera dimensión del espacio. En la mayoría de ocasiones, cuando visitamos un yacimiento podemos intuir cómo podría ser un determinado espacio en el pasado, pero si carecemos de fuertes herramientas de interpretación, no podremos llegar a comprenderlo en su totalidad. Del mismo modo que cuando visitamos museos y contemplamos objetos expuestos en vitrinas necesitamos una contextualización que nos permita comprenderlos, con los yacimientos arqueológicos sucede lo mismo. ¿Cómo eran las casas? ¿de qué altura? ¿de qué materiales? ¿de qué colores? son muchísimas las preguntas que pueden surgir durante un paseo por un yacimiento que requieren, sin duda, ser respondidas a través de intermediaciones didácticas. Sin comprensión, la secuencia de procedimientos para la educación patrimonial (Fontal, 2003) se rompe en su segundo paso, lo cual impide el respeto, valoración, cuidado, disfrute y transmisión del propio patrimonio. De ahí su relevancia.

A diferencia de otros países europeos, la tradición arqueológica española ha estado muy vinculada a la fosilización del resto arqueológico (Santacana & Masriera, 2012). La mayoría de nuestros yacimientos se muestran desnudos, sin interpretación y sus datos se muestran desarticulados al gran público sin que este pueda llegar a comprenderlos en su totalidad. Este hecho, sin duda, condiciona el alto potencial didáctico que tiene el resto arqueológico. Conocer nuestro pasado, saber cómo vivían civilizaciones de otro tiempo, descubrir qué comían, cómo se relacionaban, son intereses comunes entre las personas y es que la historia, y por ende la arqueología, genera curiosidad. Pero para poder comprender el pasado en toda su complejidad necesitamos de herramientas didácticas que nos acerquen a él.

La mayoría de yacimientos españoles son presentados, como decíamos, “desnudos”. Esto implica que podemos contemplar los restos, pasearnos entre ellos y observar, en pocas ocasiones, algún plafón, panel explicativo o mesa de interpretación. La mediación museográfica es escasa en la mayoría de ellos y esto dificulta la comprensión del espacio y limita el poder educativo es este. Sin embargo, el espacio no se explica por sí solo y precisa de una intermediación didáctica que rara vez podemos encontrar en los yacimientos visitables. Si bien es cierto que se han hecho avances en los últimos años, estos se concentran en su mayoría en colocar centros de interpretación próximos al yacimiento en sí que procuran contextualizarlo, pero la intervención en los restos arqueológicos sigue siendo mínima. Afortunadamente, cada vez es mayor la sensibilización hacia la necesidad de hacer comprensible el espacio arqueológico a diferentes perfiles de público y las tecnologías de la comunicación se revelan como un aliado indispensable por capacidad de hacer llegar a los terminales móviles las reconstrucciones virtuales de los restos arqueológicos, integradas en discursos visuales que faciliten la comprensión accesibles sobre el terreno por consulta directa, geoposición o códigos QR.

## 2. EL ALTO POTENCIAL DIDÁCTICO DE RECONSTRUCCIONES Y RECREACIONES VIRTUALES

Existen, no obstante, algunos yacimientos que han sido museizados de forma completa y en algunos casos se ha llegado a la restitución total o parcial del emplazamiento en sí. En otros países europeos esto suele ser mucho más habitual que en el contexto español, todavía anclado en el debate arqueológico sobre si es lícita o no la reconstrucción. Como hemos apuntado, una de las mayores dificultades que tenemos es elevar tridimensionalmente el espacio que estamos observando, y esta dificultad aumenta cuando el visitante no es experto en la materia. Debemos tener en cuenta que la mayoría de usuarios no son arqueólogos, sino que el conocimiento que tienen del pasado viene a través de películas, de imágenes generadas a partir de imaginarios colectivos o, en los más jóvenes, de contenidos provenientes de los videojuegos (Rivero, 2009). Estos conocimientos previos no son suficientes para comprender los restos del pasado y es esencial que encontremos los mecanismos didácticos para hacer visible lo invisible.

Una de las soluciones que se ha practicado en distintos yacimientos europeos y en algún caso español, ha sido la reconstrucción *in situ*. En España habremos de aludir como referente primordial a la Ciudadela Ibérica de Calafell, que nos permite entrar literalmente en un poblado ibérico. Allí uno puede tocar las paredes de una casa, vestirse de guerrero ibérico y poner en juego prácticamente todos los sentidos a través del oído, el gusto, la vista y el tacto. La experiencia es, sin duda, de un gran valor didáctico, aunque pueda ser controvertida si seguimos los debates arqueológicos que ha generado (y que no son objeto de estas líneas). La arqueología reconstructiva tiene, sin duda, un alto potencial educativo, ya que nos permite llegar allí donde nuestros sentidos no pueden. Entendemos que el debate sobre la reconstrucción *in situ* ha condicionado la proliferación de ejemplos en este sentido, pero en pleno siglo XXI tenemos otro tipo de soluciones a nuestro alcance que nos permiten mantener el yacimiento intacto. La generalización del uso de determinadas tecnologías y la evolución de los programas informáticos nos están propiciando un banco de herramientas didácticas, vinculadas a la reconstrucción virtual, de un amplio recorrido.

Podríamos decir que la arqueología reconstructiva ha estado durante muchos años al servicio de la museografía didáctica, dotándola de imágenes del pasado usadas para hacer más comprensible un espacio. Así pues, en muchos proyectos museográficos vinculados a yacimientos, el dibujo de los espacios en 3D ha tenido un papel importante. Se ha profesionalizado, incluso, el trabajo del dibujante arqueológico, y, sin duda, tienen un papel fundamental en cualquier proyecto museográfico. Como comentábamos con anterioridad, las intervenciones mínimas se han centrado en poner algún panel explicativo y los dibujos en 3D en algunas ocasiones han tenido un papel importante. Estas reconstrucciones han propiciado un acercamiento al pasado de un modo mucho más significativo y han aumentado el papel educativo de la arqueología. A diferencia de la arqueología reconstructiva sobre espacios físicos, la arqueología reconstructiva digital sí que se encuentra perfectamente integrada en los programas de difusión y educación vinculados a los yacimientos arqueológicos, dado que desaparecen todas las dificultades de aceptación de la reconstrucción física relacionadas con la construcción de nuevas estructuras dentro del espacio arqueológico. De ahí el alto desarrollo existente de la arqueología virtual, disciplina dentro de la cual se incluyen la creación de reconstrucciones virtuales y de recreaciones

virtuales. Didácticamente es importante la diferencia. La reconstrucción virtual se basa en los datos arqueológicos obtenidos, aunque a través de ellos no se pueda mostrar la imagen exacta del espacio arqueológico tal como era en su momento histórico. A partir de ella se pueden incluir por paralelismo histórico elementos muebles, decoración pictórica y otros elementos de los que no se conservan restos en ese yacimiento, pero cuya inclusión resulta imprescindible para comprender el aspecto real que tendría ese espacio en su momento. Estaríamos entonces ante una recreación virtual del espacio arqueológico. Es esta la que mayor potencial didáctico tiene en cuanto es la que más permite acercar la imagen real del pasado a nuestros estudiantes y al público en general.

Si retomamos el caso de Calafell, podemos constatar que aunque se ha reconstruido a escala 1:1, la investigación no ha terminado y sigue generando numerosos estudios. El proyecto<sup>1</sup> ha reflexionado a partir de la reconstrucción *in situ* del yacimiento y ha planteado, gracias a la reconstrucción virtual en 3D, una nueva visión del mismo, ofreciendo imágenes de un alto poder didáctico y educativo. Martínez y Santacana (2013) exponen el proceso de investigación seguido para ir de lo real a lo digital, ya que a menudo la arqueología reconstructiva se ha centrado en aquello que ya no existe. En este caso partían del yacimiento reconstruido que ofrece una visión de un determinado momento histórico, pero que limita las interpretaciones de otras fases de ocupación; la arqueología reconstructiva en 3D en este caso viene a suplir estas limitaciones. En muchas ocasiones, la reconstrucción a escala tiene muchas limitaciones y el 3D les ha permitido plantear muchísimas cosas, con una seguridad mucho mayor en altura del yacimiento, en materiales usados, etc. El 3D les ha permitido confirmar hipótesis que en una reconstrucción a escala es imposible o difícil de poner en marcha, hipótesis que desde el punto de vista arquitectónico, por ejemplo, que no se habían podido realizar con anterioridad. ¿Cómo entra la luz? ¿cómo un edificio se organiza para tener una estrategia defensiva? Son preguntas que pueden ser abordadas desde la reconstrucción virtual.

La virtualidad, pues, abre un nuevo campo en la arqueología reconstructiva y nos permite hacer mucho más accesible nuestro patrimonio. No todos podemos acceder a un determinado yacimiento, y a través de la virtualidad podemos superar estas problemáticas. Si bien es cierto que la arqueología virtual se ha convertido en un recurso muy frecuente para la investigación y la difusión del patrimonio, en el campo de la didáctica plantea algún problema. Todavía existe poca tradición en el uso de modelos virtuales y la dificultad para recrear espacios grandes con precisión iconográfica todavía hoy es elevada (Hernández, 2011; Hernández & Rubio, 2009). Aun así, los cambios en pocos años están siendo sustanciales y se está llegando a productos cada vez más fieles a la realidad del pasado; atrás han quedado aquellos primeros ejemplos que presentaban el objeto de forma irreal (Rivero, 2011). Queremos, pues, subrayar las posibilidades didácticas que nos ofrece este campo, ya que a menudo hallamos un abismo entre los restos arqueológicos y el público (López Martínez Gil, & Romero, 2012). Martínez y Santacana (2013) nos comentan también otra idea fundamental sobre la reconstrucción, y es que debe estar al servicio de la investigación educativa en didáctica del patrimonio. ¿Podemos aprender con una reconstrucción virtual? ¿qué es lo que se aprende? Son preguntas que se están empezando a abordar y que ocuparán el campo de la educación patrimonial, sin duda, en los próximos años.

<sup>1</sup> EDU 2011-28684: Musealización didáctica de espacios patrimoniales a partir de aplicaciones reactivas con contenidos multiplataforma: telefonía móvil y superficies táctiles.

Las posibilidades didácticas que nos ha ofrecido la arqueología reconstructiva en el campo de la educación patrimonial son inmensas, porque nos está permitiendo el tan ansiado “viaje en el tiempo”. Uno puede trasladarse a miles de años usando la tecnología y así ver aquello que le queda tan alejado en el tiempo. Cuando no ha existido ningún plafón informativo, las reconstrucciones han servido al educador patrimonial para complementar sus explicaciones durante una visita guiada, por ejemplo. La generalización de la creencia en el alto poder educativo de nuestro patrimonio ha generado la proliferación de salidas escolares que, a su vez, han propiciado la creación de materiales didácticos y herramientas interpretativas adecuadas. Así, durante muchos años no nos ha sido extraño encontrar educadores que se pasearan con un grupo escolar acompañados de una carpeta con dibujos y reconstrucciones con una finalidad claramente didáctica. Podríamos afirmar que la arqueología reconstructiva ha permitido que muchos escolares se acerquen a los yacimientos y los comprendieran en todas sus dimensiones. Y a su vez, gracias a estos escolares, las técnicas se han ido mejorando para ofrecer cada vez más imágenes comprensibles (López et al., 2012).

En algunos casos, como en las reconstrucciones virtuales de Bílbilis ubicadas en el canal YouTube del Museo de Calatayud, se opta por realizar recreaciones virtuales en las que, tras realizar la reconstrucción virtual, se incorporan elementos muebles para facilitar la comprensión de los usos de los diferentes espacios, partiendo del paralelo histórico coetáneo del yacimiento de Pompeya como referencia básica; sencillas decoraciones murales a partir de los restos de estuco localizados en el yacimiento aun cuando no se puedan reconstruir con exactitud todos los muros; y sencillos mosaicos en blanco y negro en el caso de las termas en donde, salvo en un caso, todo el mosaico se ha hallado desmontado y, por tanto, solo podemos saber que se trataba de un suelo de teselas blancas y negras. Sin embargo, la visualización de un modelo digital con las paredes de las casas sin pintura, las habitaciones sin muebles o el suelo de las termas sin su mosaico blanco y negro no proporcionarían ese acercamiento a la imagen posible del espacio arqueológico. En otros casos, como el de la curia de Labitolosa, también localizable en YouTube, se ha optado por mantener en blando los espacios de los cuales no consta información arqueológica. Se trata siempre de una decisión difícil para el equipo científico que busca mantener el rigor en todo momento y, al mismo tiempo, proporcionar herramientas visuales que permitan la comprensión del resto arqueológico al público no especializado.

La iconografía reconstructiva nos ha permitido poner imágenes al pasado y, en un mundo donde el poder de la imagen es enorme, ha sido fundamental poder introducirla en la educación patrimonial. Los niños y niñas de hoy en día se mueven en el mundo de las imágenes y el interés por un yacimiento aumenta muchísimo cuando somos capaces de dárselas. Poder ver cómo vestían, cómo eran sus casas, para qué se usaban sus objetos, etc., es esencial para comprender el pasado, para comenzar a desarrollar una “imagen de época” y poder trabajar principios estructurantes del pensamiento histórico como el cambio y la permanencia. La virtualidad encaja perfectamente en el modelo social que viven nuestros escolares y les habla en un plano de igual a igual (López et al., 2012). En pleno siglo XXI los cambios en este sentido están siendo muy significativos, ya que la tecnología, como hemos señalado, está abriendo un campo enorme a la interpretación del patrimonio y la educación patrimonial en espacios arqueológicos.

### 3. MUSEOGRAFÍA VIRTUAL Y DIGITALIZACIÓN DE ESPACIOS ARQUEOLÓGICOS

El acceso desde ordenadores permite la gestión de archivos complejos y, por tanto, de aplicaciones de interpretación patrimonial muy elaboradas, pero con el gran hándicap de su alejamiento del resto arqueológico real conservado *in situ* respecto a las aplicaciones que pueden ejecutarse desde dispositivos móviles. La musealización virtual y la digitalización de espacios arqueológicos son cada vez más comunes y facilitan el acceso a imágenes de restos arqueológicos desde cualquier espacio. Es posible advertir que se ofrecen audiovisuales y recorridos virtuales con explicación sonora o textual, la mayoría de recorridos se hace sobre imagen del resto actual –como en la visita virtual del teatro romano de Cartagena– y no sobre recreaciones virtuales, que es lo que predomina, sin embargo, en el producto audiovisual –como en las recreaciones virtuales de Bilbilis–. No obstante, ambos resultan interesantes para la docencia tras la generalización del acceso en red desde las aulas, pero también para la educación no formal al estar abierto el acceso a estos recursos a cualquier usuario sin restricciones. El documento audiovisual ha alcanzado un gran grado de perfección y llega a integrarse incluso en documentales y cortometrajes de ficción más amplios que consiguen despertar mayor interés. Un ejemplo de integración de recreación virtual de alta calidad científica en una obra de ficción es la película *Carthago Nova* (FILMAFFINITY), de 65 minutos de duración, que consiguió ser finalista en los premios Goya de cine en 2012 en la categoría de mejor película de animación.

Roma es, sin duda, la ciudad de la que más reconstrucciones y recreaciones digitales podemos encontrar, en todos los formatos. Como proyectos destacados en su reconstrucción deben citarse al menos cuatro. En primer lugar, *Le Plan de Rome* ([www.unicaen.fr/services/cireve/rome/index.php](http://www.unicaen.fr/services/cireve/rome/index.php)) como pionero, al iniciarse en 1994 en la Universidad de Caen, buscando generar un modelo interactivo que permitiera moverse por edificios documentados históricamente y acceder además a las fuentes antiguas que informan acerca de ellos como garantía de su fiabilidad. En segundo lugar, el *Digital Roman Forum* ([dlib.etc.ucla.edu/projects/Forum](http://etc.ucla.edu/projects/Forum)), un modelo digital del foro romano en 400 d. C., desarrollado por la Universidad de California-Los Ángeles (UCLA). Desde 2005 su web permite contemplar simultáneamente la reconstrucción virtual y la imagen fotográfica 360º de los restos conservados, y, al igual que el anterior, se complementa con información sobre la documentación utilizada. En tercer lugar, *Rome Reborn* ([www.romereborn.virginia.edu](http://www.romereborn.virginia.edu)), un proyecto generado en la UCLA y trasladado a la Universidad de Virginia, se trata de una reconstrucción digital de Roma que visualizarse desde 2008 con Google Earth ([earth.google.com/rome](http://earth.google.com/rome)), y que en 2010 inició su colaboración con el primero de los proyectos citados. Finalmente, *Virtual Rome* ([www.virtualrome.itabc.cnr.it](http://www.virtualrome.itabc.cnr.it)), desarrollado entre 2006 y 2008 por el Virtual Heritage Lab de Roma (CNR-Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali) y la UCLA utilizando software libre. Estos dos últimos proyectos parten de la maqueta de Gismondi, conservada en el museo de la civilización romana como punto inicial del trabajo de recreación.

No obstante, al estar separada la observación de estas imágenes del recorrido por el yacimiento, creemos que la digitalización del estado actual del resto arqueológico debería considerarse el complemento necesario para la visualización de estas reconstrucciones arqueológicas digitales que por su volumen y complejidad no son susceptibles de ser reproducidas en dispositivos móviles. Es decir, el uso simultáneo de reconstrucción o

recreación digital y del modelado digital del estado actual de los restos es lo que permite establecer una comparación entre ambos que posibilita su comprensión, a partir del cotejo de ambas imágenes. Como ejemplo de este tipo de digitalizaciones de restos reales podría citarse el proyecto Patrimonio hidráulico romano ([http://www.3dsscanner.es/Patrimonio\\_hidraulico\\_romano](http://www.3dsscanner.es/Patrimonio_hidraulico_romano)) financiado por el Ministerio español de Educación, Cultura y Deporte. En él se proporcionan visualizaciones aéreas, recorridos virtuales, ortofotos, etc. Todo ello, puede ayudar a comprender el resto arqueológico unido a su comparación con el espacio reconstruido digitalmente, si bien la visita sobre el terreno contiene siempre un elevado interés, pues el hecho de recorrer el espacio es lo que permite interiorizarlo, valorar de manera real su extensión y su contexto.

Por este motivo, en museos y centros de interpretación, las caves (cuevas) de realidad inmersiva que proyectan imágenes sincronizadas en pantallas alrededor del visitante, o la utilización de gafas de realidad virtual que permiten el recorrido virtual en escala 1:1, la visualización del resto arqueológico real y de su reconstrucción digital en un entorno envolvente o inmersivo, constituyen elementos de interpretación de alto impacto didáctico, aunque de momento encuentren limitado su uso a estos entornos especializados, entre los cuales podemos destacar, por su carácter pionero, el museo arqueológico virtual de Herculano. La imagen virtual es la misma, pero la manera envolvente a escala real de su visionado cambia completamente la experiencia y, en el caso de los restos arquitectónicos, facilita más aún su comprensión.

El aprendizaje será aún mayor si estas imágenes inmersivas envolventes se encuentran integradas en aplicaciones educativas que permitan no solo la experiencia de recorrer el espacio, sino de realizar acciones en él a través de la implementación de juegos, de lo cual existen numerosos ejemplos no inmersivos, cuya científicidad y valor didáctico han sido analizados por diferentes autores en España (Cuenca & Martín, 2010; Cuenca, Martín & Estepa, 2011; Jiménez & Cuenca, 2015).

Pero no solo hemos de pensar en las reconstrucciones y recreaciones virtuales como una manera de facilitar el aprendizaje a través de su visionado más o menos interactivo. También existen herramientas técnicas sencillas que permiten que los estudiantes creen imágenes digitales y, de esta manera, que sean ellos mismos quienes creen los modelos digitales en un contexto de aprendizaje activo por proyectos. Existen numerosas aplicaciones gratuitas. Entre ellas la usada con más frecuencia en proyectos escolares suele ser SketchUp, una herramienta de Google de sencilla utilización y que permite capturas de imagen, creación de películas, imprimir y exportar a Google Earth. Evidentemente, la calidad de estas reconstrucciones no es comparable con las producidas por los equipos de investigación, pero el estudio profundo y la reflexión necesarios para la creación de un modelo hacen que su planteamiento como proyecto en el aula constituya una actividad educativa transversal entre tecnología y ciencias sociales muy efectiva.

Lógicamente, si el centro escolar cuenta con apoyo externo para todas las cuestiones tanto técnicas como de documentación arqueológica y de creación de materiales de interpretación, pueden conseguirse resultados de mayor calidad. Como ejemplo pionero citaremos el proyecto “Drones y mazmorras”, de la Universidad de Zaragoza, financiado por FECYT en 2017 (<http://drones-y-mazmorras.bifi.es>). En este proyecto, diferentes grupos escolares de educación secundaria trabajan sobre un castillo de su localidad. Se les facilita formación y apoyo técnico y mediante drones volados por especialistas se digitaliza el castillo seleccionado, en presencia de los estudiantes, quienes complementan las

imágenes a través de fotografías tomadas por ellos en esa misma sesión de digitalización. Posteriormente, ellos mismos, con ayuda de sus profesores formados para esta labor, crean el modelo digital e incorporan elementos para su recreación virtual si así lo deciden. El proceso lleva paralelamente un seguimiento de documentación histórica. Finalmente, el modelo digital se materializa mediante cortadoras laser, fresadoras e impresoras 3D en una maqueta que los estudiantes pasan a pintar y decorar y que constituye el elemento central de una exposición sobre su castillo cuyos paneles y audiovisuales explicativos son igualmente realizados por los estudiantes que participan en el proyecto, apoyados por sus profesores y por un experto en educación patrimonial. La experiencia se está desarrollando en 8 centros escolares a lo largo de 2017, y se enmarca en un aprendizaje por proyectos transversal entre las áreas de tecnología, plástica, ciencias sociales y lengua.

#### 4. ARQUEOLOGÍA RECONSTRUCTIVA DIGITAL EN DISPOSITIVOS MÓVILES

Así pues, está proliferando una serie de recursos al servicio de la interpretación didáctica con una finalidad educativa; estamos hablando de APPs, códigos QR y realidad aumentada (Ibáñez, Fontal & Rivero, 2017). No podemos negar que los dispositivos móviles forman parte de nuestra vida y que cada vez están ocupando más espacios de esta. El uso es tan generalizado que el mundo educativo (ya sea en el ámbito formal y en el no formal) lo está incorporando de forma muy rápida. Y en el campo de la educación patrimonial la incorporación de la tecnología también ha abierto nuevos planteamientos. La aplicación del mobile learning a espacios arqueológicos, tanto en contextos de aprendizaje informal como formal dirigido a escolares, ha sido objeto de estudio en los últimos años, convirtiéndose en una de las líneas actuales de investigación en educación patrimonial en España (Ibáñez, Vicent & Asensio, 2012; Vicent & Ibáñez, 2012; Vicent, Ibáñez & Asensio, 2015; Vicent, Rivero & Feliu, 2015). Estos estudios abren una cuestión relevante de investigación: la evaluación de programas de educación patrimonial basados en tecnologías, aspecto clave si se quiere valorar el aprendizaje de los participantes. El debate actual, por tanto, ya no se limita la científicidad de la reconstrucción virtual, sino que busca instrumentos para analizar adecuadamente el proceso de aprendizaje resultante de su aplicación, estableciendo así buenas prácticas y pautas para el diseño y desarrollo de aplicaciones educativas.

Estas aplicaciones utilizan diferentes elementos. Los códigos QR son simplemente una codificación gráfica de información que facilita el acceso a cualquier documentación que puede estar disponible en la red. Permiten, por tanto, una musealización al abierto sencilla, pues la descodificación de cada uno de esos cuadrados lleva a una dirección web desde la que puede ejecutarse un modelo digital de reconstrucción o recreación virtual, una imagen, un texto, un archivo de audio, etc. Es una manera fácil de poder acceder a una audioguía o videoguía a través de los códigos QR ubicados en puntos claves del yacimiento arqueológico. Lo mismo se podría hacer utilizando puntos interactivos de información sobre un mapa, como hace la APP London Street museum, ejemplo paradigmático de la utilización de SIG (sistemas de información geográfica, GIS en inglés), facilitando el acceso a la posición del usuario en el mapa al activar la geoposición del dispositivo móvil. Tanto por descodificación directa de códigos QR –como en el proyecto EMMAP (Guazzaroni, 2013)– como por identificación de la geoposición del usuario, es posible identificar también ejemplos de aplicaciones de realidad aumentada que enriquecen el visionado del entorno

real al superponer la imagen digital sobre el mismo, lo que facilita establecer relaciones entre ambas imágenes, sobre todo en el caso de superposición de reconstrucciones virtuales totales o parciales (en este último caso podría tratarse de elementos perdidos, como pintura mural o mobiliario) sobre el resto arqueológico conservado. Aunque también puede tratarse simplemente de la ubicación sobre el resto físico de puntos interactivos de información que, de esta manera, al superponerse con realidad aumentada, no implican una musealización invasiva, sino enteramente digital y virtual. Las dificultades técnicas iniciales debido a la complejidad del software se van solucionando progresivamente y de ahí que actualmente se considere que la realidad aumentada constituye uno de los campos técnicos que mayor desarrollo va a experimentar en los próximos años, como ya auguró Ruiz (2013) hace tiempo.

Al igual que indicábamos en el caso general de los modelos digitales de reconstrucciones o recreaciones virtuales, el aprendizaje siempre resulta más efectivo si se integra en proyectos de metodologías activas. En el caso de mobile learning aplicado a patrimonio arqueológico, destacan algunos proyectos basados en desarrollo de actividades didácticas de indagación como Motfal (Angulo, Betanzo & López, 2005) y m-Ondare (Ibáñez et al., 2012).

Las aplicaciones móviles para la comprensión del patrimonio arqueológico también adquieren forma de juego en muchas ocasiones, y más allá del simple quiz, se crean juegos de pistas y de rol –JANUS (Loiseau et al., 2013)– e incluso se aprovechan las posibilidades de comunicación entre los usuarios para permitir a los jugadores añadir información para contribuir al diseño del propio juego –como Collage (Lohr & Wallinger, 2008)–. Esta intercomunicación de los usuarios, propia de la web 2.0, como explicaremos a continuación, es la que facilita que los visitantes del yacimiento de Sutton Hill (McGookin et al., 2012) ayuden a contextualizar las piezas procedentes del mismo a quienes visitan British Museum, lo cual convierte a esta aplicación en pionera en cuanto a construcción colaborativa del conocimiento arqueológico.

## 5. ARQUEOLOGÍA RECONSTRUCTIVA DIGITAL Y WEB 2.0

La web 2.0 se caracteriza por la interacción de los usuarios, por su posibilidad de comunicarse entre sí y de contribuir a la creación de contenidos on line. El primer entorno en el que se aprovechó este potencial en entornos de arqueología reconstructiva digital fueron espacios en mundos virtuales que recreaban yacimientos arqueológicos. Un ejemplo paradigmático ha sido la *Archeology Island*, de la Indiana University of Pennsylvania, que reconstruyó en second life varios yacimientos: un poblado prehistórico de Pennsylvania, una ciudad maya de Belice, un yacimiento romano de Chipre y un pecio hundido. Además de la posibilidad de visualización en navegación libre por el modelo digital, los usuarios presentes a través de sus avatares pueden interactuar, conversando, lo cual permite numerosas aplicaciones como visitas guiadas o participación simulada en la excavación arqueológica. En la misma línea han trabajado en proyectos como *Okapi* de la Universidad de Berkeley, que reconstruye el poblado neolítico de Çatalhöyük, actualmente desconectado, además de otros que fueron recopilados hace pocos años por Sequeira y Morgado (2013). En la misma línea se mantienen en su entorno propio el Virtual World Heritage Laboratory de la Universidad de Virginia ([vwjh.clas.virginia.edu](http://vwjh.clas.virginia.edu)) o el Scottsdale

Community College Anthropology ([youtu.be/DG7PmwBDLGg](https://youtu.be/DG7PmwBDLGg)). Estos entornos digitales proporcionan el escenario, pero lo realmente interesante es, insistimos, dar un paso más y que el docente cree una actividad de búsqueda o indagación, aplicando metodologías de aprendizaje activo, en las que sus estudiantes puedan trabajar dentro del modelo digital reconstruido a través de sus avatares.

Otro ámbito de colaboración web 2.0 vinculada al patrimonio arqueológico, que actualmente se está desarrollando, es la catalogación reconstrucciones arqueológicas digitales. Esta resulta compleja por varios motivos, sobre todo por la gran cantidad de reconstrucciones existentes, el diferente grado de científicidad y actualización respecto a las investigaciones arqueológicas, la variedad de materiales finales en las que se encuentran (en videos específicos, como fragmentos en documentales, como archivos individuales, integradas en videojuegos o en aplicaciones móviles, como espacios en mundos virtuales, etc.). De ahí el valor del espacio “Arqueovirtual” del proyecto Civitas (<http://civitas.unizar.es>), un proyecto de ciencia ciudadana que, a través de la colaboración de los usuarios de la red, busca catalogar las reconstrucciones digitales de espacios arquitectónicos romanos, al menos, de los ubicados en territorio español (Rivero & Gil-Diez, 2016). Los resultados iniciales revelan que aproximadamente un 3% de los usuarios de la plataforma se convierte de pasivos o lectores en activos o contribuidores (Rivero & Guillén, 2017). Aunque la posibilidad de que las redes digitales se conviertan en un medio para la generación de conocimiento colectivo fue criticada en sus inicio (Carr, 2005), actualmente se considera un nuevo modo de constructivismo social propio de la era global, digital (Pérez, 2012) y cambiante o líquida (Bauman, 2013). Pero para que el control del contenido sea efectivo y, por tanto, se cumpla con el rigor científico necesario, es precisa la intervención de un número elevado de usuarios que faciliten la localización de errores y su corrección, de modo que, hasta que exista una comunidad virtual numerosa que participe en la creación de un contenido determinado –en el caso aludido el catálogo de reconstrucciones y recreaciones virtuales de yacimientos romanos– será imprescindible la figura del editor especializado que revise los contenidos, lo cual, a su vez, dificulta la sostenibilidad de estas iniciativas. Una promoción constante y el contacto con los usuarios a través de las redes sociales pueden ser elementos determinantes para la constitución de comunidades virtuales implicadas en el desarrollo del proyecto y la base para que estas iniciativas puedan ser sostenibles en el tiempo.

## 6. CONCLUSIONES: TENDENCIAS EN ARQUEOLOGÍA VIRTUAL PARA LA EDUCACIÓN PATRIMONIAL

Las reconstrucciones y recreaciones digitales de espacios arqueológicos se hallan consolidadas como herramientas de interpretación del patrimonio para su uso didáctico en contextos formales e informales. Lo novedoso es la forma que adoptan para su visionado y para su utilización en dispositivos fijos y/o móviles y las diferentes formas de interacción de los usuarios.

Las tendencias sintetizadas por Vicent, Rivero y Feliu (2015) siguen manteniendo su vigor: se busca mejorar la percepción sensorial de la recreación o reconstrucción virtual a partir de entornos inmersivos y envolventes; se crean aplicaciones que permitan una conexión social entre los usuarios en entornos participativos de juegos o de encuentro social;

y se desarrollan musealizaciones al abierto accesibles con dispositivos móviles utilizando códigos QR, realidad aumentada, etc. Además, podemos añadir que en estos últimos años se han comenzado a lanzar espacios colaborativos de generación de información, aprovechando la intercomunicación que se establece en la web 2.0 y buscando el rigor a través de la inteligencia colectiva, para lo cual es necesario, sin embargo, una comunidad virtual activa muy numerosa.

En cuanto a investigación cabe concluir que existe una preocupación creciente por la evaluación de las aplicaciones y herramientas de arqueología virtual en lo referido a su efectividad para la comprensión del patrimonio y la educación patrimonial –tendencia compartida con todo el ámbito de la educación patrimonial, como se refleja en las diferentes acciones del OEPE (Observatorio para la Educación Patrimonial en España)–, habiéndose ya superado el debate sobre la científicidad y ubicándose ahora el interés en su valor como herramienta de educación patrimonial, entendiendo que la reconstrucción o recreación virtual puede ser un elemento integrado en actividades de aprendizaje activo y su valor puede variar, por tanto, en función de la metodología y del diseño instruccional aplicados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, F., Betanzo, M. J., & López Gil, M. M. (2005). Viviendo los contenidos: una experiencia en el uso de tecnologías móviles en los procesos de Enseñanza y Aprendizaje. *Quaderns digitals*, 37. Recuperado de [http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca. VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo\\_id=8419](http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca. VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=8419)
- Bauman, Z. (2013). *Sobre la educación en un mundo líquido. Conversaciones con Ricardo Mazzeo*. Barcelona: Paidós.
- Carr, N. (2005). *The amorality of Web 2.0*. Recuperado de <http://www.roughtype.com/?p=110>
- Cuenca, J.M., & Martín, M. (2010). Virtual Games in Social Science Education. *Computers And Education: An International Journal*, 55(3), 1336-1345.
- Cuenca, J.M., Martín, M., & Estepa, J. (2011). Historia y videojuegos: una propuesta de trabajo para el aula de 1º de ESO. *Iber: Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*, 69, 64-73.
- Fontal, O. (2003). *La educación patrimonial: teoría y práctica en el aula, el museo e Internet*. Gijón: Trea.
- Guazzaroni, G. (2013). Emotional mapping of the archaeologist game. *Computers in Human Behavior*, 29(2), 335-344. doi:10.1016/j.chb.2012.06.008
- Hernández, F.X. (2011). La iconografía en la didáctica de las ciencias sociales. *Íber. Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*, 68, 7-16.
- Hernández, F.X., & Rubio, X (2009). Interactividad didáctica y museos. *Enseñanza de las ciencias sociales: revista de investigación*, 8, 91-100.
- Ibáñez, A., Fontal, O., & Rivero, P. (2017). Educación Patrimonial y TIC en España: Marco normativo, variables estructurantes y programas referentes. *Arbor* (en prensa).
- Ibáñez, A., Vicent, N., & Asensio, M. (2012). Aprendizaje informal, patrimonio y dispositivos móviles: evaluación de una experiencia en educación secundaria. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 26, 3-18
- Jiménez, R., & Cuenca, J.M. (2015). El uso didáctico de los videojuegos. Concepciones e ideas de los futuros docentes de ciencias sociales. *Clio: history and history teaching*, 41. Recuperado de <http://clio.rediris.es>
- Lohr, M., & Wallinger, E. (2008). Collage-the Carnuntum scenario. *Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technology in Education, 2008. WMUTE 2008. Fifth IEEE International Conference on Wireless*,

- Mobile and Ubiquitous Technology in Education* (pp. 161-163). Danvers: IEE Computer society-CPS.
- Loiseau, M., Lavoué, E., Marty, J., & George, S. (2013). Raising awareness on archaeology: A multiplayer game-based approach with mixed reality. *Proceedings of the 7th European Conference on Games Based Learning; 7th European Conference on Games Based Learning (ECGBL 2013)* (pp. 336-343). Sonning Common: Academic Conferences and Publishing International Limited.
- López, V., Martínez Gil, T., & Romero, M. (2012). Iconografía didáctica y arqueología. En F.X. Hernández, & M.C. Rojo (Coords.), *Museografía didáctica e interpretación de espacios arqueológicos* (pp. 125-138). Gijón: Trea.
- McGookin, D., Vázquez-Álvarez, Y., Brewster, S., & Bergstrom-Lehtovirta, J. (2012). Shaking the dead: multimodal location based experiences for un-stewarded archaeological sites. *Proceedings of the 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense through Design* (pp. 199-208). New York: ACM.
- Martínez, T., & Santacana, J. (2013). De lo real a lo digital: la arqueología reconstructiva y la obtención de imágenes virtuales para la investigación en la didáctica del patrimonio. *HER&MUS. Heritage & Museography*, 5(2), 16-35.
- Masriera, C. (2008). Presentación del patrimonio arqueológico: ruinas versus reconstrucciones, ¿Qué entiende más el público? *Íber. Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*, 57, 39-51.
- Pérez, A. I. (2012). *Educarse en la era digital*. Madrid: Morata.
- Rivero, P. (2008). Propuesta para una integración del patrimonio arqueológico en el nuevo currículo de educación primaria. En R.M. Ávila, M.A. Cruz, & M.C. Díez, *La didáctica de las ciencias sociales en los nuevos planes de estudios* (pp. 391-400). Jaén: Universidad de Jaén.
- Rivero, P. (2009). El aprendizaje del mundo romano: fuentes de conocimiento no formal del alumnado de secundaria. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 23, 61-69.
- Rivero, P. (2011). La arqueología virtual como fuente de materiales para el aula. *Íber. Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*, 68, 17-24.
- Rivero, P., & Gil-Diez, I. (2016). Ciencia ciudadana, arqueología y educación patrimonial. En R. López-Facal, *Ciencias Sociales, educación y futuro. Investigaciones en Didáctica de las Ciencias Sociales. Libro de actas del Simposio* (pp. 578-585). Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- Rivero, P., & Guillén, M. (2017). El proyecto civitas, una iniciativa de ciencia ciudadana y educación patrimonial con el profesorado de ciencias sociales como destinatario. En R. Martínez, R. García-Moris, & C.R Ruiz, *Investigación en Didáctica de las Ciencias Sociales. Retos, preguntas y líneas de investigación* (pp. 268-276). Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Ruiz, D. (2013). *El papel de la realidad aumentada en el ámbito artístico cultural: la virtualidad al servicio de la exhibición y la difusión* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, España.
- Santacana, J., & Masriera, C. (2012). *La arqueología reconstructiva y el factor didáctico*. Gijón: Trea.
- Sequeira, L.M., & Morgado, M. (2013). Virtual Archaeology in Second Life and OpenSimulator. *Journal of Virtual Worlds Research*, 6(1). doi:10.4101/jvwr.v6i1.7047
- Vicent, N., & Ibáñez, A. (2012). El uso de las nuevas tecnologías y el patrimonio en el ámbito escolar. *Aula de innovación educativa*, 208, 22-27.
- Vicent, N., Ibáñez, A., & Asensio, M. (2015). Evaluation of heritage education technology-based programs. *Virtual Archaeology Review*, 6(13), 20-27.
- Vicent, N., Rivero, P., & Feliu, M. (2015). Arqueología y tecnologías digitales en educación patrimonial. *Educatio Siglo XXI: Revista de la Facultad de Educación*, 33(1), 83-102.