



Réplica impresa en 3D del arco de Palmira destruido por Estado Islámico que se instalará en la plaza de Trafalgar en Londres.

Imprimir el pasado en 3D

Las técnicas aditivas de impresión tridimensional permiten recuperar patrimonio arqueológico destruido por conflictos armados y clonar piezas antiguas para museos y escuelas

Joan Carles Ambrojo

Los *Indiana Jones* del mundo real usan espectrómetros, drones e impresoras 3D e investigan y también recuperan los vestigios del pasado dándoles forma material. La arqueología virtual son tecnologías que permiten desentrañar cómo eran las sociedades antiguas, cómo vivían, qué artefactos creaban y cómo los utilizaban. “Es un medio, no un fin, para entender mejor el patrimonio histórico”, afirma José Luis Lerma, director del Grupo de Investigación en Fotogrametría y Láser Escáner (GIFLE) de la Universidad Politécnica de Valencia. Son unas tecnologías que requieren “un matrimonio entre la arqueología, la ingeniería, la informática y las ciencias naturales”, como describe Thomas Levy, profesor de Antropología de la Universidad de San Diego (California, EE UU).

La destrucción generalizada de importantes sitios arqueológicos por conflictos bélicos, motivos religiosos o económicos, en particular en el Oriente Medio, es motivo de gran preocupación en el mundo cultural. La reconstrucción 3D y las tecnologías de fabricación aditiva (impresión tridimensional), pueden ser una solución. Impresoras 3D construirán réplicas gigantes del arco de Palmira que marcaba la entrada al templo de Bel en Siria y que fue destruido el año pasado por Estado Islámico. El Institute for Digital Archeology (IDA), una iniciativa conjunta entre las universidades de Harvard, Oxford y el Museo del Futuro de Dubái, planea instalar sendas copias en Nueva York y Londres a partir del modelado de miles de fotografías. El IDA también pretende generar un banco de imágenes en 3D a finales de año y

perfeccionar la tecnología de impresión tridimensional a gran escala.

El paso del tiempo y la contaminación son otros enemigos. Conservadores de museos pueden reparar las piezas más frágiles o dañadas preservando los originales antiguos. Esto es algo que entraña otros riesgos: el tráfico ilegal de impresiones 3D, advierte José Luis Lerma. “Conozco curadores que trabajan en el extranjero que se niegan a que los técnicos utilicemos el 3D fotorrealístico en su museo por miedo a que se hagan falsificaciones de la obra real”, advierte. Según los expertos, bastan unos minutos para escanear en tres dimensiones una estatua de tamaño humano o un artefacto histórico y luego imprimirlo en 3D. Algunos arqueólogos utilizan sistemas como Sketchfab para crear, subir y compartir modelos tridimensionales de



Proceso de documentación fotogramétrica en campo en el transcurso de la campaña de excavación. Foto: Víctor Manuel López-Menchero / (SEAV).



Los nuevos escáneres láser han revolucionado las técnicas de documentación de grandes superficies arqueológicas. Foto: Victor Manuel López-Menchero / (SEAV).



Los nuevos sistemas de digitalización como EyesMap permiten documentar yacimientos arqueológicos a gran velocidad con una precisión inédita hasta la fecha. Foto: Víctor Manuel López-Menchero / Sociedad Española de Arqueología Virtual (SEAV).

forma gratuita en Internet. Los denominados videojuegos serios también son útiles, siempre que haya detrás un guionista arqueólogo o historiador para que las acciones del usuario sean las que se podían hacer en la época, dice Joan Anton Barceló, doctor en Prehistoria de la Universidad Autónoma de Barcelona. Es algo que ha hecho el Instituto de Inteligencia Artificial del CSIC, que ha desarrollado un juego sobre la vida en la antigua ciudad de Uruk.

Estas réplicas realísticas tridimensionales permiten tocar artefactos o piezas arqueológicas en la clase o en el domicilio sin poner en riesgo las auténticas. La impresión 3D está funcionando sobre todo para crear réplicas de objetos (cuchillo de sílex, cerámica de la Edad del Bronce, etc.) y no tanto para elementos arquitectónicos, afirma Joan Anton Barceló. Tienen mayor salida en las tiendas de recuerdos y en universidades y escuelas de secundaria: "Los fósiles del

proceso de hominización son muy difíciles de conseguir y ahora los tenemos impresos en 3D", añade este investigador de la UAB; su grupo usa los modelos virtuales de una excavación para enseñar a los futuros arqueólogos cómo excavar y a tener presente una serie de elementos interesantes.

La lacra del saqueo también es preocupante. Sarah Parcak, arqueóloga espacial, dedicará el millón de dólares del premio TED que ha recibido para desarrollar una plataforma en línea que permita a cualquier persona utilizar imágenes de satélite para descubrir millones de sitios arqueológicos en todo el mundo, sin descubrir su posición GPS, para protegerlo contra el despojo. "El objetivo es democratizar el proceso de descubrimiento arqueológico y permitir que cualquiera pueda participar", afirma Parcak.

La arqueología virtual nació en la década de 1990: Keniji Oazawa comienza a reconstruir en 3D en Japón. Simultáneamente, la Universidad de Southampton realiza trabajos en colaboración con el centro de visión por computador de IBM, en las tumbas de Stonehenge y grandes megalitos en la zona de Essex. Posteriormente, se incluye el trabajo con artefactos. A finales de la década de 1990 comienzan a aparecer los escáneres tridimensionales que traen una segunda gran revolución: los datos se adquieren directamente en 3D. General-



La introducción de nuevas tecnologías ha permitido que muchos museos arqueológicos llenen sus salas todos los días con nuevos visitantes. Museo Arqueológico Provincial de Alicante. Foto: Víctor Manuel López-Menchero / (SEAV).

mente, se obtienen las cimentaciones y primeras alturas de los muros y luego se plantea una reconstrucción virtual mucho más precisa.

En la arqueología, uno de los primeros pasos es documentar un yacimiento. Luego se desarrolla la hipótesis virtual, que puede ser tirada por tierra en cualquier momento. "Ahora mismo probablemente es verdad que la pata fundamental de la documentación 3D con fotogrametría o escáner láser ha desbancado en gran parte a la difusión mediante reconstrucción virtual", dice Víctor Manuel López-Menchero, de la Sociedad Española de Arqueología Virtual (SEAV). Lo más positivo, añade, es haber permitido "consolidar una imagen mucho más científica de la arqueología virtual", añade.

España es una potencia en la aplicación de la arqueología virtual, asegura López-Menchero, y cuenta con numerosos grupos de investigación que trabajan en este campo. De hecho, la SEAV, INNOVA Center y 18 grupos de investigación de 15 universidades españolas propusieron la creación del primer Plan de Formación Internacional en Arqueología Virtual y Patrimonio cultural. Es un plan que también busca nuevos enfoques teóricos: desde la reconstrucción

virtual y visualización a la documentación geométrica, la visualización avanzada y virtual del patrimonio cultural o la presentación y la interpretación del patrimonio. "Es una profesión con mucho futuro porque faltan expertos en las técnicas de arqueología virtual. Muchos de nuestros alumnos se están especializando en arqueología virtual, bien sea a partir de proyectos de final de carrera o tesis, que están ligadas a proyectos de investigación, y aunque hay mucho patrimonio para estudiar, existe poco apoyo a la investigación por parte de la Administración pública", añade Lerma.

"Hasta los profesionales más tradicionalistas ya ven el potencial que tienen las nuevas tecnologías aplicadas, que han incrementado considerablemente su potencia en los últimos años" y su democratización: "Estas herramientas nos permiten generar documentación 3D, siempre con el apoyo de los ingenieros, pero empezamos a ser algo autónomos. Esto significa que presupuestos muy ajustados, como los de la arqueología, se puede trabajar con la fotogrametría con unos niveles de precisión suficientes", afirma López-Menchero. Entre las numerosas investigaciones españolas, Barceló destaca reconstrucciones virtuales como el poblado de la Edad del

Hierro en Santiago de Compostela, la reconstrucción de Itálica y las reconstrucciones romanas de la ciudad de Barcelona.

Normalizar las visualizaciones 3D a nivel internacional es fundamental para el progreso de estas técnicas. Un intento de ello son los *Principios de Sevilla* (2011), documento que normaliza las visualizaciones 3D del patrimonio arqueológico, y la *Carta de Londres* (2009), que hace lo mismo con el patrimonio cultural.

El grupo de José Luis Lerma trabaja en el análisis espectrofotométrico y calibración de cámaras aplicadas al estudio de arte rupestre. "Se trata de analizar el componente geométrico, el colorimétrico y el radiométrico y predecir cómo va a evolucionar a lo largo del tiempo. Cuando se ve una imagen te crees que está bien, pero el sensor tiene ruido, las condiciones de luz no son homogéneas, etc. Se trata de mejorar el proceso de documentación. Tratamos de establecer unos procedimientos para que la documentación se haga bien y sea fiel".

La cuestión técnica de algunos proyectos presentados a la Unión Europea la llevan los informáticos y los arqueólogos van a remolque porque la tecnología no la han acabado de integrar o de hacer suya, sostiene Joan Anton Barceló.



Dos fotos de las reconstrucciones virtuales que actualmente se pueden ver en el Museo de los Caños del Peral en el interior de la estación de metro de Ópera (Madrid). Foto: Víctor Manuel López-Menchero / SEAV.



Las reconstrucciones virtuales facilitan la comprensión del pasado. Reconstrucción virtual de la villa romana de Camesa Rebolledo (Cantabria). Foto: Víctor Manuel López-Menchero / (SEAV).



La formación sigue siendo la gran asignatura pendiente de la arqueología virtual. La Sociedad Española de Arqueología Virtual trabaja activamente en esta dirección. II Seminario de documentación y musealización 3D de patrimonio cultural, Madrid, 17-19 de septiembre de 2014. Foto: Víctor Manuel López-Menchero / SEAV.

Ingeniería inversa

El grupo de Joan Anton Barceló ha reconstruido un arco neolítico de más de 7.000 años con técnicas de 3D y materiales de madera. Lo más interesante ha sido reproducir en el ordenador la física antigua del uso de este instrumento; también de un hacha prehistórica. Ahora replican cabañas antiguas. “Las réplicas impresas están bien”, pero considera más atractivas para el público las reconstrucciones de poblados antiguos usando la misma tecnología que usaron sus habitantes. “La gente tenía unas ideas mecánicas determinadas y hemos de conocer las limitaciones de esas tecnologías, cómo construían, qué peso podía aguantar una cabaña, qué extensión podía tener, cómo se iluminaba, qué actividades se podían desarrollar en su interior en función de los elementos de iluminación, etc.”. Informáticos, ingenieros, físicos y otros profesionales trabajan mediante ingeniería inversa: parten de los resultados constatados en la excavación y reconstruyen el edificio tratando de entender por qué era como era; todo para entender mejor la eficiencia de los medios de producción, sus métodos y los límites que tenían y así comprender por qué las sociedades humanas van cambiando y su tecnología es cada vez más eficiente”.