



Los Caminos de América

BAJO LA COORDINACIÓN DE
PATRICIA CALVO GONZÁLEZ
EUDALD CORTINA ORERO
VALERIA GONZÁLEZ LAGE

UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

LOS CAMINOS DE AMÉRICA

BAJO LA COORDINACIÓN DE
Patricia Calvo González
Eudald Cortina Orero
Valeria González Lage

2022

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Los caminos de América /coordinado por : Patricia Calvo González, Eudald Cortina Orero, Valeria González Lage. -Santiago de Compostela : Universidade de Santiago de Compostela, Servizo de Publicacións e Intercambio Científico, 2022
630 p. ; 17 x 24 cm
D.L. C 791-2022. -ISBN : 978-84-19155-73-3

La publicación de esta obra ha contado con ayuda financiera de la
Axencia de Turismo de Galicia, de la Xunta de Galicia, a través de la acción TU403A 202/057.

© Universidade de Santiago de Compostela, 2022

Deseño e maquetación
Patricia Calvo

Edita
Servizo de Publicacións
e Intercambio Científico
Campus Vida
15782 Santiago de Compostela
usc.gal/publicacions

Imprime
Imprenta Universitaria
Campus Vida
15782 Santiago de Compostela

Depósito legal C 791-2022
ISBN 978-84-19155-73-3

NUEVAS FORMAS DE ACERCARSE AL ARTE MAYA: EL EMPLEO DE TECNOLOGÍAS DIGITALES PARA SU DOCUMENTACIÓN, ESTUDIO Y DIFUSIÓN

Cristina Vidal Lorenzo
Universidad de Valencia
<https://orcid.org/0000-0002-8681-6494>

Patricia Horcajada Campos
Universidad Complutense de Madrid
<https://orcid.org/0000-0002-2404-7183>

INTRODUCCIÓN

El empleo de tecnologías digitales para el estudio científico del patrimonio cultural ha sufrido una gran eclosión en los últimos años, y en la actualidad contamos con una gran variedad y opciones tecnológicas que facilitan la documentación sistemática y precisa de los vestigios arqueológicos, lo que a su vez contribuye notablemente en el avance del conocimiento de las sociedades del pasado.

Los primeros trabajos en el ámbito del patrimonio cultural que incorporaron nuevas tecnologías digitales se remontan a la última década del siglo XX, cuando se experimentó en la elaboración de reconstrucciones tridimensionales a partir de los restos arqueológicos, el análisis de fachadas arquitectónicas, así como el estudio de conjuntos escultóricos (Levoy et al., 2000). Desde entonces, esta tecnología se ha venido aplicando en diversos sitios arqueológicos dando lugar a una extensa bibliografía que recoge los resultados obtenidos (Balzani, Santopuoli, Grieco y Zaltron, 2004; Frischer y Dakouri-Hild, 2008; Guidi et al., 2009; Guidi, Russo y Angeleddu, 2014; Reindel y Wagner, 2009; Rütther et al., 2009; Stanco, Battiato y Gallo, 2011; Katz y Tokovinine, 2017; entre muchos otros). Las herramientas tecnológicas son cada vez más sofisticadas, al mismo tiempo que la complejidad de su manejo se está reduciendo progresivamente mediante su optimización, con equipos más compactos y prácticos, el desarrollo de tipos de *software* más intuitivos que incorporan un mayor número de funciones automáticas que facilitan enormemente el procesado de los datos, y a lo que se debe añadir la reducción de su coste económico que posibilita una mayor accesibilidad a las mismas.

En el caso concreto de la arqueología maya, los trabajos pioneros de documentación mediante tecnología digital fueron desarrollados por diferentes empresas con la principal finalidad de obtener archivos digitales de sitios arqueológicos declarados como Patrimonio Mundial para su difusión social (Aguiaro et al., 2011; Powell, 2009; Von Schwerin et al., 2013). Al igual que en otras áreas geográficas, se ha producido recientemente un importante incremento en su uso como apoyo o base de las investigaciones, teniendo una mayor repercusión hasta la fecha en el estudio de patrones de asentamiento, urbanismo y arquitectura, así como esculturas de gran formato a través de la introducción de la tecnología LIDAR, tanto aérea como terrestre (Tokovinine y Fash, 2008; Muñoz, Vidal y Merlo, 2014, 2016; Tokovinine y Estrada-Belli, 2017; Canuto et al., 2018; Inomata et al., 2020; Stanton et al., 2020; entre otros). A pesar de ello, los trabajos enfocados a la documentación tridimensional de arte mueble son todavía escasos y puntuales, pero aun así resultan muy interesantes, pues abren nuevas vías de investigación en el ámbito de la cultura maya, como el liderado por Winemiller para el análisis de figurillas cerámicas y los moldes empleados para su manufactura (Winemiller et al., 2013, 2018) o el de Katz para los de instrumentos musicales (Katz, 2017), así como los trabajos realizados en el marco del Proyecto La Blanca para la investigación de piezas artísticas de pequeño formato, principalmente figurillas, así como otros objetos cerámicos y líticos.

El propósito de esta contribución es compartir alguna de las experiencias que hemos llevado a cabo en dicho proyecto, así como la metodología empleada y la puesta en marcha de nuevas investigaciones en este campo.

EXPERIENCIAS PREVIAS EN EL MARCO DEL PROYECTO LA BLANCA

El Proyecto La Blanca lleva a cabo desde el año 2004, bajo la dirección de Cristina Vidal Lorenzo y Gaspar Muñoz Cosme, la exploración arqueológica y puesta en valor de los antiguos asentamientos mayas de La Blanca y Chilonché, ubicados ambos en el Departamento de Petén, en Guatemala. Desde el 2010 se implementó el uso de tecnologías digitales punteras para la documentación, análisis y difusión de los excepcionales vestigios arquitectónicos y artísticos descubiertos durante las excavaciones arqueológicas de ambos sitios. La metodología utilizada combina el uso de LIDAR terrestre, concretamente el escáner láser de gran alcance Faro Focus 3D S120, y la fotogrametría digital, obteniendo de este modo modelos tridimensionales de alta precisión geométrica y con una apariencia muy fiel a los monumentos originales.

Entre los trabajos realizados destacamos el de la digitalización del principal conjunto urbano de La Blanca, su Acrópolis. Durante diferentes temporadas de campo se procedió al levantamiento digital de sus majestuosos edificios palaciegos que constituyen un auténtico alarde de la arquitectura maya a tenor de sus proporciones monumentales y sus excepcionales calidades constructivas (Vidal, Muñoz y Merlo, 2016: 267-271). Los modelos obtenidos, además de servir para la investigación de los sistemas constructivos, estudio estructural de los mismos y análisis de su estado de conservación, se han utilizado también como medios de difusión de conocimiento. En este sentido, se realizó la impresión del modelo tridimensional a escala 1:100 mediante una impresora 3D. La maqueta impresa en PLA fue colocada en el Centro de Visitantes del sitio arqueológico La Blanca como recurso didáctico que permite al visitante visualizar de forma global el conjunto arquitectónico, comprender su estructura y apreciar sus detalles constructivos (Montuori, Gilabert, Rosado, 2020).

En el lado oeste de la Acrópolis de La Blanca se descubrió una interesante subestructura cuyo basamento estaba esculpido con un magnífico relieve escultórico de 5 metros de largo y 1,5 de altura que presenta una compleja iconografía, que fue tallado en piedra caliza. Una vez excavado y antes de proceder a recubrirlo, pues su exposición resultaba inviable para garantizar su conservación, se procedió a su levantamiento digital empleando la misma metodología combinada de escáner y fotografía. El modelo generado, al igual que en el caso de la maqueta, ha sido utilizado para llevar a cabo la investigación exhaustiva de su composición e iconografía (Muñoz, Gilabert y Herguido, 2015; Vidal, Muñoz y Merlo, 2016).

Otra escultura de grandes dimensiones, aproximadamente de 3 metros de ancho y 1,5 metros de alto, fue encontrada en uno de los numerosos túneles de saqueo de la Acrópolis de Chilonché. Bautizada como el *Mascarón* de Chilonché, forma parte también de la ornamentación de la fachada de una subestructura, que representa un ser sobrenatural. Como comentamos, esta monumental escultura se encuentra en el interior de un túnel de escasa altura y anchura, lo que impedía que pudiéramos tener *in situ* una visión completa de la misma durante su exploración y, además, los trabajos necesarios para su investigación resultaban realmente complejos e incómodos en un espacio tan reducido. La digitalización mediante estas tecnologías nos permitió obtener un modelo de gran precisión de esta singular escultura arquitectónica para emprender su completa investigación en gabinete, pudiendo manipular el punto de vista, modificar la iluminación, elaborar ortofotos, etc. (Vidal y Muñoz, 2014).

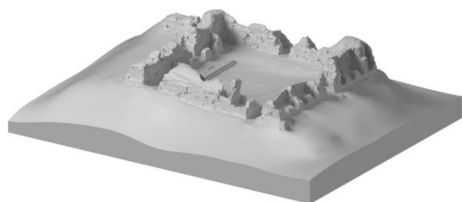


Figura 1. Modelo 3D virtual de la Acrópolis de La Blanca.



Figura 2. Maqueta 3D de la Acrópolis instalada en el Centro de Visitantes del sitio arqueológico de La Blanca.

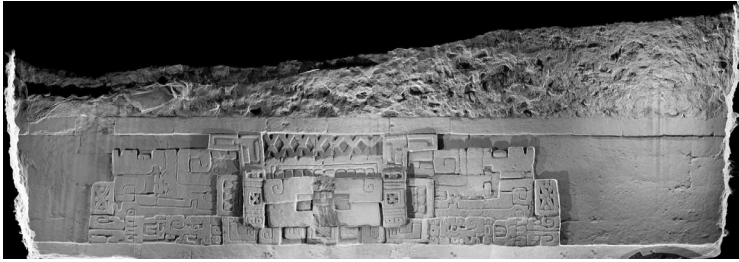


Figura 3. Modelo 3D del friso de la Subestructura 6J2-Sub.2 de La Blanca obtenido mediante el escáner láser Faro Focus 3D S120.



Figura 4. El *Mascarón* de Chilonché durante el proceso de documentación mediante el escáner láser Faro Focus 3D S120.

La edificación a la que pertenece el *Mascarón* fue cubierta por los antiguos mayas con nuevas construcciones, destacando el palacio que se encuentra en la cima de la Acrópolis y que dispone de diferentes estancias. A su vez, en una fase posterior, con el fin de llevar a cabo una construcción mayor que nunca llegó a concluirse, los cuartos de este palacio fueron también clausurados y sellados. Al excavar uno de estos cuartos descubrimos que todos sus muros interiores estaban pintados con vistosas escenas de carácter figurativo. Se procedió entonces a su documentación digital mediante escáner láser y fotogrametría, obteniendo así un modelo tridimensional del espacio arquitectónico y sus murales pictóricos que servía para analizar su estado de conservación y emprender su estudio, complementando esta fase de documentación con la realización de un calcado de las pinturas a tamaño real. Lamentablemente, tiempo después de concluir los trabajos, en 2017, un nuevo saqueo en el sitio arqueológico provocó graves destrucciones del mural. Si bien la pérdida patrimonial es irreparable, afortunadamente la exhaustiva y rigurosa documentación del mismo llevada a cabo por el Proyecto La Blanca ha permitido que dispongamos de una copia digital de este importante vestigio artístico que podrá ser utilizado con fines científicos y de difusión social (Muñoz y Vidal, 2019).

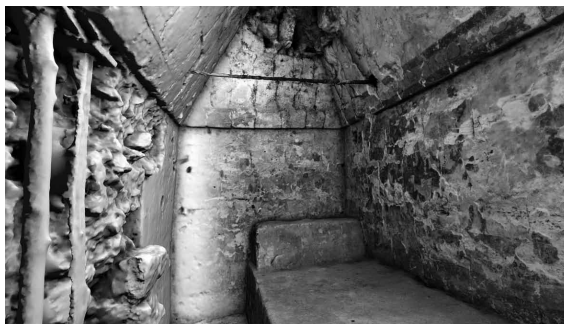


Figura 5. Modelo 3D del Cuarto de las Pinturas de Chilonché obtenido mediante escáner láser y fotogrametría.

Asimismo, en las excavaciones arqueológicas de La Blanca y de Chilonché se han recuperado numerosos objetos artísticos, cerámicos y líticos entre los que sobresalen abundantes figurillas cerámicas. A raíz de la experiencia adquirida por el Proyecto en el empleo de tecnologías digitales, a partir del año 2015 se empezó a experimentar en su uso para la documentación y estudio de los vestigios artísticos muebles, cuya metodología y procedimiento abordamos en el siguiente apartado.

DOCUMENTACIÓN DIGITAL 3D DE OBJETOS DE PEQUEÑO FORMATO

La documentación sistemática y exhaustiva de los objetos hallados durante las excavaciones arqueológicas resulta fundamental para emprender el posterior análisis y estudio interpretativo de los mismos. Desde sus inicios, el Proyecto La Blanca ha realizado dichos trabajos en su laboratorio, ubicado en Flores (Petén, Guatemala), de forma paralela al desarrollo de las investigaciones arqueológicas en campo, primando el registro de los datos, así como su documentación gráfica mediante fotografías y dibujos para su posterior procesamiento en gabinete en la Universidad de Valencia.

Con el fin de facilitar esta última tarea, en 2015 se introdujo una nueva metodología para documentar estos materiales que consiste en realizar levantamientos en 3D de los mismos. Para ello se recurre a dos técnicas complementarias entre sí: el empleo de un escáner 3D y la fotogrametría.

Para crear los modelos tridimensionales de los objetos, se empleó el escáner de luz estructurada de mano *Artec Spider*, uno de los equipos más compactos presentes actualmente en el mercado, que ofrece una velocidad y precisión alta, pues puede capturar hasta 1.000.000 de puntos por segundo con una precisión de hasta 50 micras.

Por otro lado, cabe señalar que este escáner lleva integrada una cámara fotográfica, lo que permite escanear tanto la morfología de la pieza como su textura, es decir, capturar información cromática de la superficie. Ahora bien, la resolución de dicha cámara es de calidad baja –captura información del color a 24 bits pero con una resolución de 1,3 megapíxeles– por lo que en algunas ocasiones la textura obtenida con el escáner no resulta óptima y es necesario recurrir a la técnica de la fotogrametría para lograr una textura de mayor calidad y más fiel a la realidad.

Para realizar el escaneado, los objetos son colocados sobre una plataforma giratoria manual de madera para facilitar su rotación y obtener de este modo escaneos más completos de 180 grados. En dicha base giratoria se colocan dianas que sirvieron, junto con los puntos que forman parte del propio objeto y que son claramente reconocibles, como referencias para proceder a la alineación de los diferentes escaneos, así como para realizar la asociación entre la maqueta tridimensional obtenida con el escáner y el modelo fotogramétrico.

El número de escaneos realizados sobre cada objeto está en función del tamaño, de las características morfológicas –cuanto más grande la pieza y mayor detalle, se precisa de un mayor número de escaneos–, el estado de conservación de cada objeto, así como las condiciones lumínicas ambientales.

Se emplea el software *Artec Studio 9* para guardar los datos capturados por el escáner y procesarlos. En la fase de procesamiento de datos se realizan diferentes acciones con el fin de obtener la maqueta tridimensional: alineación de los diferentes escaneos, borrar los fondos y puntos que no resultan necesarios o estaban repetidos en diferentes escaneos, fusión de las nubes de puntos, mapeado de la textura y tratamiento de esta ajustando parámetros como el brillo, saturación y contraste para optimizar su calidad.

Paralelamente al escaneado, se realiza un barrido fotográfico mediante cámara digital de un giro completo de la base rotatoria por cada estación del escáner, es decir, por cada posición en la que fue colocado el objeto para su escaneado se realizó un recorrido de 180 grados de tomas fotográficas. Cabe señalar que en la primera fotografía de cada set se coloca una tarjeta de color de referencia en la escena con el fin de lograr una unidad cromática a través de su procesamiento con el programa Adobe Photoshop. Una vez homogeneizadas las fotografías, se procede a crear el modelo 3D a través del software Agisoft PhotoScan. Estas maquetas geométricamente son mucho más simples que las obtenidas con el escáner, pero la textura y el color son mucho más cercanas a la realidad, de ahí la necesidad de combinar ambas técnicas, alineando el modelo obtenido con la fotogrametría al modelo del escáner a través del programa Luxology Modo consiguiendo así un modelo tridimensional de alta resolución y calidad.

Son numerosas las ventajas que aporta el empleo de las tecnologías digitales al estudio y difusión del patrimonio. Como hemos señalado, se obtiene una documentación de alta precisión

de los elementos patrimoniales que puede ser empleada para la exhaustiva investigación. Asimismo, a través de los modelos obtenidos, se pueden realizar análisis de su estado actual de conservación, posibilita la realización de trabajos de restitución ideal o restauración virtual sin intervenir de forma directa en los monumentos, así como proceder a su difusión social con la misma información que la obra original, pero sin poner a esta en riesgo, o incluso, crear y conservar una copia exacta de un bien patrimonial que se encuentre en grave peligro. Además, abre la posibilidad de emprender estudios comparativos de obras que por distintas razones no pueden coincidir físicamente en el mismo espacio y tiempo.

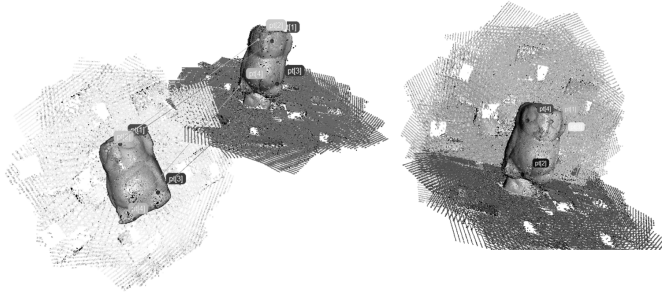


Figura 6. Proceso de alineación de dos escaneos de una figurilla cerámica procedente de La Blanca.

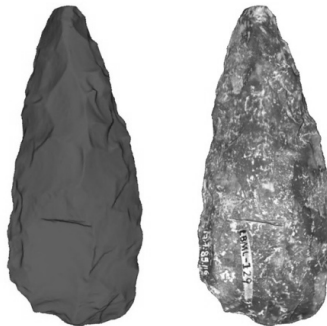


Figura 7. Modelo digital creado mediante escáner de un hacha de pedernal hallada en La Blanca.



Figura 8. Modelo digital creado mediante escáner y fotogrametría de una figurilla cerámica de La Blanca. Izquierda: modelo geométrico; centro: modelo con textura generada con el escáner; derecha: modelo obtenido con el escáner fusionado con el modelo obtenido mediante fotogrametría.

EL PROYECTO ARTE MAYA: NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA SU DOCUMENTACIÓN, ESTUDIO Y DIFUSIÓN (ARTECMAYA)

La experiencia acumulada y los resultados obtenidos en el marco del *Proyecto La Blanca*, nos llevó a formular e iniciar otros proyectos de investigación. Así en la actualidad se está llevando a cabo el Proyecto MAYATECH financiado por la Generalitat Valenciana para Grupos de Investigación de excelencia, que lleva a cabo la documentación, análisis y difusión de bienes patrimoniales del área maya, ampliando el ámbito de investigación a otros sitios arqueológicos mayas, entre ellos Tikal, Quiriguá y Uxmal (Muñoz y Vidal 2020¹).

Asimismo, el pasado año iniciamos el proyecto *Arte maya: nuevas tecnologías para su documentación, estudio y difusión (ARTECMAYA)*, financiado por la Comunidad de Madrid, que aborda la digitalización e investigación de objetos artísticos mayas. Este proyecto persigue un doble objetivo. Por un lado, realizar un estudio integral de una selección de piezas artísticas mayas a partir de su documentación tridimensional de alta precisión, empleando estas tecnologías digitales. Dicho estudio contempla el análisis pormenorizado de su morfología a través de los modelos digitales generados, lo que supone poder ir más allá de lo que es perceptible por el ojo humano en su contemplación directa *in situ*, al tiempo que permite observar elementos al detalle que pueden revelar interesante información acerca de su técnica y proceso de manufactura. Además, la documentación tridimensional digital de las piezas ofrece grandes ventajas para abordar el análisis iconográfico de sus imágenes, especialmente aquellas que presentan un elevado grado de desgaste o erosión. El otro objetivo principal del proyecto es la difusión y divulgación de estos modelos digitales, junto con los resultados del estudio integral de las piezas. Esto permitirá, tanto a los especialistas como al público en general, poder interactuar virtualmente con las piezas, manipularlas digitalmente para ser contempladas desde diferentes ángulos y distintos parámetros, pudiendo tener así una visión completa de las obras, algo que es fundamental para su comprensión. En este sentido, es importante tener en cuenta el hecho de que muchas veces por el formato y condiciones expositivas en el museo resulta imposible contemplar todas las caras de las piezas y, además, por otro lado, buena parte de las obras, bien por falta de espacio, criterios de las direcciones de los museos u otras razones, no están expuestas, sino resguardadas en las bodegas, por lo que no son accesibles al público. Las obras artísticas objeto de estudio incluyen importantes esculturas y relieves de pequeño y medio formato, así como piezas cerámicas (vasijas decoradas y figurillas) procedentes de diferentes sitios arqueológicos, expuestas o resguardadas en museos de Guatemala y México (Museo Arqueológico y Etnológico de Guatemala y Museo de Antropología de México, principalmente).

A partir de nuestra experiencia, estamos convencidas de que la explotación de las inmensas posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías para la documentación, análisis y difusión del arte maya puede contribuir enormemente al avance del conocimiento de esta importante cultura milenaria de la América prehispánica, así como a la conservación y difusión de su producción artística.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen el patrocinio del Ministerio de Cultura y Deporte de España a través de la financiación obtenida por el Proyecto La Blanca y su entorno; al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, a través de la financiación de los proyectos de investigación coordinados PGC2018-098904-B-C1 y C2 sobre Arquitectura maya, sistemas constructivos, estética formal, simbolismo y nuevas tecnologías; a la Generalitat Valenciana a través del Proyecto Prometeo-Mayatech 2016/155 y 2020/066; a la Fundación Palarq; a la Universidad Complutense de Madrid y Comunidad de Madrid a través del Programa de Atracción de Talento Investigador (2018-T2/HUM-11060) y del Programa de Ayudas para la realización de proyectos de I+D para Jóvenes Doctores, en el marco del V PRICIT (V Plan regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica), Proyecto PR65/19-22434, *Arte maya: nuevas tecnologías para su documentación, estudio y difusión (ARTECMAYA)*, y el apoyo del Ministerio de Cultura y Deportes de Guatemala, que han contribuido de forma determinante a hacer posible esta investigación.

REFERENCIAS

AGUGIARO G.; REMONDINO, F.; GIRARDI, G.; VON SCHWERIN, J.; RICHARDS-RISSETTO, H.; DE AMICIS, R.: «A web-based interactive toll for multi-resolution 3D models of a Maya archaeological

¹ <http://mayatech.artemaya.es/proyecto/>

- site». *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (XXXVIII), 5/W16, 2011, pp. 23-30. [https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-5-W16-23-2011]
- BALZANI, Marcello; SANTOPUOLI, Nicola; GRIECO, Alessandro; ZALTRON, Nicola: «Laser Scanner 3D Survey in Archaeological Field: the Forum of Pompeii», *International Conference on Remote Sensing Archaeology*, Beijing, 2004, pp. 169-175.
- CANUTO, Marcello, A.; ESTRADA-BELLI, Francisco; GARRISON, Thomas G.; HOUSTON, Stephen D.; ACUÑA, Mary J.; KOVÁČ, Milan; MARKEN, Damien; NONDÉDÉO, Philippe; AULD-THOMAS, Luke; CASTANET, Cyril; CHATELAIN, David; CHIRIBOGA, Carlos R.; DRÁPELA, Tomás; LIESKOVSKÝ, Tibor; TOKOVININE, Alexandre; VELASQUEZ, Antolín; FERNÁNDEZ-DÍAZ, Juan C.; SHRESTHA, Ramesh: «Ancient lowland Maya complexity as revealed by airborne laser scanning of northern Guatemala», *Science* 361 (6409), 2018, p. 1355. [https://doi.org/10.1126/science.aau0137]
- FRISCHER, Bernard; DAKOURI-HILD, Anastasia (eds.): *Beyond Illustration: 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology*. BAR International Series 1805. Oxford: Archaeopress, 2008.
- GUIDI, Gabriele; REMONDINO, Fabio; RUSSO Michel; MENNA, Fabio; RIZZI, Alessandro; ERCOLI, Sebastiano: «A multi-resolution methodology for the 3D modeling of large and complex archaeological areas», *International Journal of Architectural Computing* 7 Special Issue, 2009, pp. 39-55. [https://doi.org/10.1260/147807709788549439]
- GUIDI, Gabriele; RUSSO, Michele; ANGHELEDDU, Davide: «3D survey and virtual reconstruction of archeological sites», *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* 1 (2), 2014, pp. 55-69. [https://doi.org/10.1016/j.daach.2014.01.001]
- INOMATA, Takeshi; TRIADAN, Daniela; VÁZQUEZ LÓPEZ, Verónica A.; FERNANDEZ-DIAZ, Juan C., OMORI, Takayuki; MÉNDEZ BAUER, M. Belén; GARCÍA HERNÁNDEZ, Melina; BEACH, Timothy; CAGNATO, Clarissa; AOYAMA, Kazuo; NASU, Hiroo: «Monumental architecture at Aguada Fénix and the rise of Maya civilization», *Nature* 58, 2020, pp. 530-533. [https://doi.org/10.1038/s41586-020-2343-4]
- KATZ, Jared: «Digitize Maya music: The creation of a 3D database of Maya musical artifacts», *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* 6, 2017, pp. 29-37. [https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.08.004]
- KATZ, Jared; TOKOVININE, Alexandre: «The past, now showing in 3D: An introduction», *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* 6, 2017, pp. 1-3. [https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.08.001]
- LEVOY, Marc; RUSINKIEWICZ, Szymon; GINTON, Matt; GINSBERG, Jeremy; PULLI, Kari; KOLLER, David; ANDERSON, Sean; SHADE, Jonathan; CURLESS, Brian; PEREIRA, Lucas; DAVIS, James; FULK, Duane: «The Digital Michelangelo Project: 3D Scanning of Large Statues». *Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH'00)*. New York: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 2000, pp. 131-144. [https://doi.org/10.1145/344779.344849]
- MONTUORI, R.; GILBERT-SANSALVADOR, L.; ROSADO TORRES, A.L.: «3D Printing for dissemination of maya architectural heritage: The Acropolis of La Blanca (Guatemala)», *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLIV-M-1, 2020, pp. 481-488. [https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-M-1-2020-481-2020]
- MUÑOZ COSME, Gaspar; VIDAL LORENZO, Cristina; MERLO, Alessandro: «La acrópolis de Chilonché (Guatemala): crónica de las investigaciones de un patrimonio en riesgo en el área maya», *Restauración Arqueológica* 22 (2), 2014, pp. 99-115. [https://doi.org/10.13128/RA-17963]
- MUÑOZ COSME, Gaspar; GILBERT SANSALVADOR, Laura; HERGUIDO ALAMAR, Zacarías: «El friso de La Blanca (Petén). Un ejemplo de la utilización de la tecnología láser para la documentación arqueológica», *XXVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala* 2, 2015, pp. 961-970. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- MUÑOZ COSME, Gaspar; VIDAL LORENZO, Cristina: «El mural de Chilonché: estudio preliminar», *Revista Española de Antropología Americana* 49 (número especial), 2019, pp. 77-96. [https://doi.org/10.5209/reaa.64961]
- MUÑOZ COSME, Gaspar; VIDAL LORENZO, Cristina: «New Technologies for the Documentation and Preservation of the Maya Cultural Heritage. The Palace of the Governor at Uxmal (Yucatán, México)», *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLIV-M-1, 2020, pp. 397-403. [https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-M-1-2020-397-2020]
- POWELL, Eric A.: «The Past in High-Def», *Archaeology* 62 (3), 2009, pp. 20-25.
- REINDEL, Markus; WAGNER, Günther A. (eds): *New Technologies for Archaeology. Multidisciplinary Investigations in Palpa and Nasca, Peru*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2009.
- RÜTHER, Heinz; CHAZAN, Michael; SCHROEDER, Ralph; NEESER, Rudy; HELD, Christoph; WALKER, Steven J.; MATMON, Ari; HORWITZ, Liora K.: «Laser scanning for conservation and research of African cultural heritage sites: the case study of Wonderwerk Cave, South Africa», *Journal of Archaeological Science* 36, 2009, pp. 1847-1856. [https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.04.012]
- STANCO, Filippo; BATTIATO, Sebastiano; GALLO, Giovanni: *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation: Analysis, Restoration, and Reconstruction of Ancient Artworks*. Milan: CRC Press, 2011.
- STANTON, Travis W.; ARDREN, Traci; BARTH, Nicolas; FERNANDEZ-DIAZ, Juan C.; ROHRER, Patrick; MEYER, Dominique; MILLER, Stephanie J.; MAGNONI, Aline; PÉREZ, Manuel: «Structure density, area, and volume as complementary tools to understand Maya Settlement: An analysis of lidar data

- along the great road between Coba and Yaxuna», *Journal of Archaeological Science* 29, 2020, pp. 102178. [https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102178]
- TOKOVININE, Alexandre; ESTRADA-BELLI, Francisco: «From stucco to digital: Topometric documentation of Classic Maya facades at Holmul», *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* 6, 2017, pp. 18-28. [https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.04.004]
- TOKOVININE, Alexandre; FASH, Barbara: «Scanning History: the Corpus of Maya Hieroglyphic Inscriptions Tests a 3-D Scanner in the Field», *Symbols* 17-19, 2008.
- VIDAL-LORENZO, Cristina; MUÑOZ COSME, Gaspar: «Métodos avanzados para el análisis y documentación de la arqueología y la arquitectura maya: los 'mascarones' de Chilonché y La Blanca». C VIDAL; G. MUÑOZ (eds.), *Artistic Expressions in Maya Architecture: Analysis and Documentation Techniques*. BAR International Series 269. Oxford: Archaeopress, 2014, pp. 75-90.
- VIDAL-LORENZO, Cristina; MUÑOZ COSME, Gaspar; MERLO, Alessandro: «Surveying Ancient Maya Buildings in the Forest». I. ALFONSO; M. CIGOLA (eds.), *Handbook of Research on Emerging Technologies for Architectural and Archaeological Heritage*. Roma: IGI Global, 2016, pp. 255-290.
- VON SCHWERIN, Jennifer; RICHARD-RISSETTO, Heather; REMONDINO, Fabio; AGUAGIARO, Giorgio: «The MayaArch3D project: A 3D WebGIS for analyzing ancient architecture and landscapes», *Literary and Linguistic Computing* 28 (4), special issue 'Digital Humanities 2012. Digital Diversity: Culture, Languages and Methods', 2013, pp. 736-753.
- WINEMILLER, Terance L.; OCHOA-WINEMILLER, Virginia; JOYCE, Rosemary; FOLAN, William J.; DOMÍNGUEZ, M. Rosario; FOLAN, Linda: «Evaluando estandarización: el uso de la tecnología láser 3D en el estudio de figurillas, sellos y silbatos de Calakmul, Campeche, México», *Los Investigadores de la Cultura Maya* 21, 2013, pp. 249-262, Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- WINEMILLER, T. L.; OCHOA-WINEMILLER, V; LUDWIG, J.: «Assessing surface correspondence and trade of maya figurines and molds using multi-stripe laser technology and metrology», *Archaeometry* 60, 5, 2018, pp. 1002-1017. [https://doi.org/10.1111/arcm.12376]