

# Digitalización tridimensional para la documentación, análisis y conservación de bienes culturales: los relieves decorativos en piedra de la zona arqueológica de Tula, Hidalgo, México

Three-dimensional Digitalization for the Documentation, Analysis and Preservation of Cultural Heritage: Decorative Stone Reliefs in the Archeological site of Tula, Hidalgo, Mexico

**Yareli Jáidar Benavides**

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
yareli\_jaidar@inah.gob.mx

**María Fernanda López Armenta**

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
fl.armenta@gmail.com

**Celedonio Rodríguez Vidal**

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
rovi\_arq@hotmail.com

**Isabel Villaseñor**

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
villasenor.isa@gmail.com

**Ana Jose Ruigómez Correa**

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
aruigomez@gmail.com

**Irlanda Stefanie Fragoso Calderas**

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
irlanda\_fragoso@inah.gob.mx

## Resumen

Las técnicas de registro y análisis tridimensional se han desarrollado de manera importante en los últimos años, al grado de constituirse en poderosas herramientas de apoyo para la preservación del patrimonio cultural. Esta INVESTIGACIÓN presenta el Laboratorio de Documentación y Análisis Tridimensional (Lab3D) de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), mediante el estudio de caso del registro tridimensional del conjunto de relieves decorativos en piedra de la zona arqueológica de Tula, Hidalgo, México, el cual servirá para el monitoreo y la toma de decisiones en materia de conservación de este importante legado patrimonial.

## Palabras clave

digitalización tridimensional; escáner; conservación arqueológica; relieve decorativo en piedra; Tula; México

## Abstract

In recent years, three-dimensional recording and analysis techniques have considerably developed, to the extent of becoming a key supporting tool for the preservation of cultural heritage. This RESEARCH presents the Laboratorio de Documentación y Análisis Tridimensional (Lab3D, Three-dimensional Documentation and Analysis Laboratory) Coordinación Nacional del Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC, National Coordination for the Conservation of Cultural Heritage) Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH, National Institute for Anthropology and History), Mexico. It also explores the case study of the three-dimensional recording of a series of decorative stone reliefs from the archeological site of Tula, Hidalgo, Mexico, which will be of use in the monitoring and the decision-making processes for the conservation of this important cultural heritage.

## Key words

three-dimensional digitalization; scanner; archeological conservation; decorative stone relief; Tula; Mexico

## Introducción

Los últimos años han sido testigos de un incremento notable a escala mundial en lo que respecta a la disponibilidad de técnicas analíticas y equipos no destructivos para el estudio del patrimonio cultural (*cf.* Álvarez *et al.* 2016; Esparza y Machuca 2014; Lancic 2015; Mora 2011; Tavares *et al.* 2005). De manera creciente, los aparatos son más precisos, portátiles y accesibles, con lo que los conservadores-restauradores adscritos a diversas instituciones, entre ellas las mexicanas, cuentan ahora con una valiosa infraestructura científica y tecnológica para el desempeño de sus labores. Entre las instituciones que se han beneficiado de estas tecnologías se encuentra el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México que dispone de áreas especializadas en su apli-

cación, como las coordinaciones nacionales de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) y de Monumentos Históricos (CNMH), el Museo Nacional de Antropología (MNA) y la Coordinación Nacional de Arqueología (CNA) (*cf.* Fragoso 2015; INAH 2016a; Miramontes 2015; Trejo y Gaytán 2014). Dichos recursos se han utilizado, asimismo, en otras instancias educativas de México: la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM), la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (ECRO) y El Colegio de Michoacán (Colmich) los han empleado para documentar el patrimonio cultural (*cf.* Bautista e Insaurralde 2012; cav 2014; Esparza y Machuca 2014; Gómez 2014; INAH 2012a; Lancic 2015; Medina-González *et al.* 2016).

La conservación intenta retardar la acción dañina del tiempo y los efectos del deterioro de los bienes culturales mediante diversas estrategias de intervención, tanto directas como indirectas,<sup>1</sup> las cuales han variado con el transcurso de los años. Una acción fundamental es la documentación, cuyas posibilidades se abren al contar con instrumental y personal especializado en técnicas digitales.

Una de las aplicaciones más destacadas es la digitalización tridimensional (*cf.* García y Mora 2011; INAH 2008; INAH 2012b), que puede ser útil para investigar superficialmente los bienes culturales, en particular aquellos que se distinguen por su complejidad geométrica, como son esculturas, relieves, retablos, objetos cerámicos, metálicos y líticos. Igualmente, el uso de tecnologías 3D se presenta, aun para los bienes aparentemente planos —pintura mural, recubrimientos arquitectónicos, documentos gráficos, textiles o fotografías—, como una herramienta importante para la medición y la cuantificación de áreas, así como para el análisis cromático<sup>2</sup> (*cf.* Diaprem 2010). La importancia de este registro digital radica en la calidad de la información que proporciona, puesto que, además de documentar y apoyar en la investigación de los métodos de producción y el estado de conservación en el que se hallan los bienes, también se puede utilizar como un método de seguimiento para detectar, medir y rastrear la evolución temporal de deterioros, ya sean superficiales o estructurales, tanto de objetos como de monumentos.

El propósito de esta contribución es ofrecer el informe de un caso de aplicación de tecnologías de digitalización

<sup>1</sup> En México ha existido un desarrollo notable de los criterios para la intervención de bienes culturales *in situ*. A lo largo de la historia se han planteado distintas alternativas para su conservación: desde la colocación de cubiertas, la aplicación de productos consolidantes y los reenterramientos, hasta los desprendimientos y la elaboración de réplicas (Magar y Cruz 1999:80; Salinas 2011:35; Deemas 2004:138).

<sup>2</sup> Un ejemplo de análisis a partir de color es el uso de mapas de intensidad. Algunos escáneres láser brindan un dato, conocido como *reflextancia*, que corresponde a la capacidad de las superficies para reflejar la luz (Manrique 2014). Por medio de *software*, dicho dato se traduce en un “falso color”, lo que se analiza para obtener información sobre materiales, color e incluso deterioros (*cf.* Diaprem 2010).

3D para la conservación de bienes culturales: los relieves decorativos pétreos en la ciudad prehispánica de Tula, Hidalgo, México. Como éste fue el primer proyecto que abordó el Laboratorio de Documentación y Análisis Tridimensional de la CNCPC, consideramos relevante hacer una breve presentación del laboratorio y, posteriormente, pormenorizar el caso de estudio.

## El Laboratorio de Documentación y Análisis Tridimensional de la CNCPC

Gracias al financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), México: apoyo INFR-2015-01/251436, así como a la contratación de personal especializado, desde el año 2015 hasta la fecha la CNCPC ha puesto en funcionamiento el Laboratorio de Documentación y Análisis Tridimensional (Lab3D), que otorga apoyo y asesoría a diversos proyectos de investigación aplicada de esa institución, así como también a aquellos centrados en conservación que requieren un registro y un análisis tridimensionales para la toma de decisiones, por ejemplo, los relativos a bienes que se encuentren en estado crítico de estabilidad y demanden un levantamiento de manera rápida y no destructiva, o bien los que por cuestiones de conservación sea necesario reenterrar y, concomitantemente, mantener un registro de alta definición que esté a disposición para su consulta e investigación.

El laboratorio también coadyuva con otras áreas del INAH por medio de digitalización y análisis 3D, como en el caso de la tabla wixarika de la sala del Gran Nayar del MNA, proyecto desarrollado por la Coordinación Nacional de Museos y Exposiciones (CNME-INAH), México, que resultó en la exposición *Caminos de luz. Universos huicholes*, albergada por el MNA desde diciembre del 2016.<sup>3</sup> Otros casos de colaboración institucional son los proyectos: a) del sitio arqueológico Tepeticpac, Tlaxcala; b) de Atetelco, Teotihuacan, y c) de Cuevas Pintas, Baja California Sur.

Uno de los equipos disponibles en el Lab3D es el escáner de alta velocidad de luz láser marca Leica®, modelo ScanStation P20, con estabilizador topográfico, así como accesorios, estación de trabajo y *software* para lectura y edición. Este equipo, con precisiones de hasta 1 mm, está destinado al registro y el análisis de bienes inmuebles por destino de gran formato, y el resultado de cada escaneo es una nube de puntos que puede procesarse para diversos fines, entre ellos el dibujo de planimetrías, la realiza-

<sup>3</sup> El objeto protagonista de la exposición *Caminos de luz. Universos huicholes*: la tabla denominada *La visión de 'Tatusi Xuweri Timaiweme'*, está conformada por varios metros de estambre pegado sobre cera cuyos diseños representan las ideas más significativas de la cosmovisión wixarika (cfr. INAH 2016b). Con el propósito de realizar una réplica fidedigna de los diseños, pero con un material que hiciera posible su uso como recurso háptico, se realizó el levantamiento de la tabla con un escáner de luz estructurada Go!Scan 20, con lo que se registraron los relieves de la pieza con una resolución de 1 mm, aproximadamente.

ción de análisis topográficos y estructurales, o el monitoreo, el mapeo y la cuantificación de deterioros.

Adicionalmente, se cuenta con un escáner portátil manual de luz blanca marca Creaform®, modelo Go!Scan 20, junto con accesorios, estación de trabajo portátil y *software* para procesamiento de datos, el cual se emplea para la digitalización de bienes culturales cuyas dimensiones estén en un rango de 5 cm a 50 cm, cuyo resultado es un modelo tridimensional a base de mallas trianguladas.

El laboratorio también dispone de un tripie *Kangur lift* que tiene la capacidad de operar el equipo escáner láser a una altura de 6 m, muy útil para el levantamiento de retablos, acabados arquitectónicos y otros bienes inmuebles por destino.

Una de las principales líneas de investigación que está en desarrollo en el Lab3D se refiere al estudio de técnicas de manufactura antiguas en toda suerte de objetos. Así, mediante el análisis de las superficies y las volumetrías, se han escaneado esculturas policromadas, y en los modelos tridimensionales es posible observar con claridad las huellas de herramientas de talla, las superposiciones y los detalles en los acabados de preparación, e incluso los de las capas pictóricas (Figura 1) (cfr. García *et al.* 2017).

La resolución de los registros generados por estos equipos nos permite no sólo estudiar prolijamente toda la superficie del objeto, incluidas la textura y las diversas características de los materiales constitutivos, sino también obtener una reproducción fidedigna del bien, en caso de destrucción parcial o total (cfr. Cruz *et al.* 2017). Por añadidura, las bases de datos de modelos tridimensionales eventualmente permitirán la identificación de bienes robados (Montalvo 2016).

Finalmente, el estudio de los deterioros por medio de las técnicas de registro tridimensional representa un elemento importante para los diagnósticos integrales de bienes culturales. De igual manera, con el seguimiento del deterioro es posible evaluar las pérdidas a lo largo del tiempo y definir el curso de acciones para la conservación de aquéllos (cfr. Creaform 2014a). Esta es la línea de investigación en la que se engloba nuestro caso de estudio, que a continuación describiremos.

## Caso de estudio: la Zona Arqueológica de Tula, Hidalgo, México

La Zona Arqueológica de Tula,<sup>4</sup> que se ubica en el estado de Hidalgo, México, está integrada por un complejo

<sup>4</sup> Se trata de una de las zonas más emblemáticas en México, la que, junto con Teotihuacan y Tenochtitlan, fue uno de los centros cívico-ceremoniales más extensos de Mesoamérica: contaba con cerca de 16 km<sup>2</sup> y, en su momento de mayor ocupación, durante el periodo comprendido entre el 900 y el 1150 d. C. (Fase Tollan), con una población de miles de habitantes. Su influencia llegó a varias regiones de México e incluso hasta Guatemala y El Salvador (Mastache y Cobean 2006:203; Cobean y Gamboa Cabezas 2007:37).

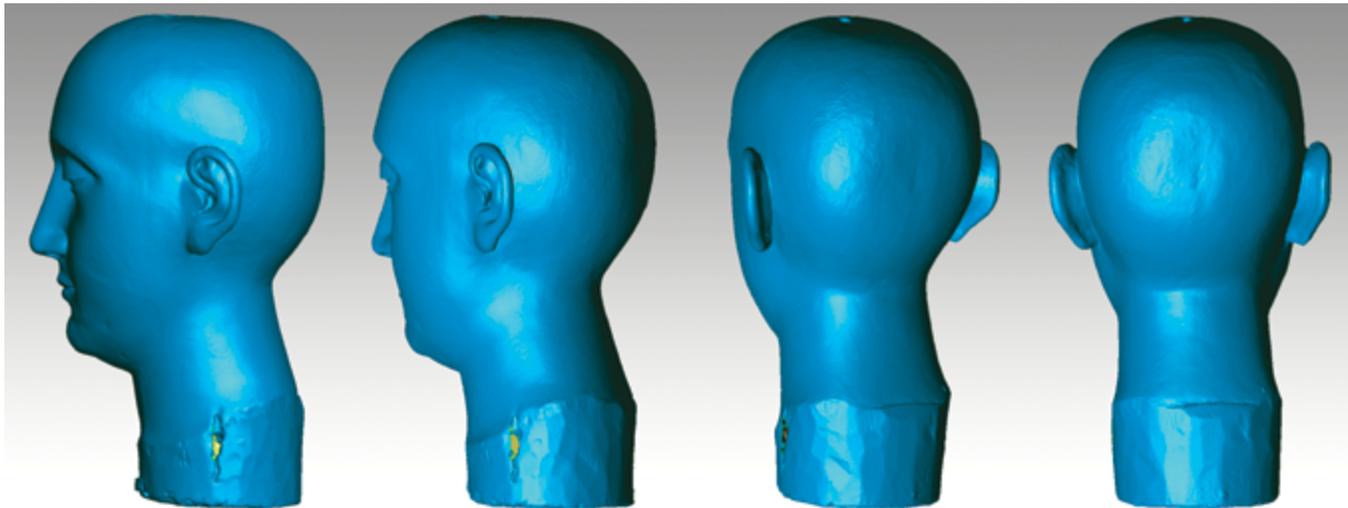


FIGURA 1. Huellas de herramientas en el modelo 3D de la Virgen del Tránsito, Museo del Ex Convento Actopan (Imagen: Lab3D, 2016; cortesía: Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural [CNCPC-INAH], México).

arquitectónico monumental desplantado sobre terrazas y plataformas, enriquecido por acabados arquitectónicos, entre los que destacan las banquetas labradas y diversos bajorrelieves en piedra, así como las esculturas monumentales de los atlantes (Mastache y Cobean 2006:203; Cobean y Gamboa Cabezas 2007:37).<sup>5</sup>

El área liberada y abierta al público consta de una plaza central de más de 10 000 m<sup>2</sup> bordeada por plataformas en sus cuatro costados (Mastache y Cobean 2006:203; Cobean y Gamboa Cabezas 2007:37). Sobre éstas se desplantan varios edificios: al norte, el Edificio A, el Edificio B (Pirámide de los Atlantes, o Templo de Tlahuizcalpantecuhtli), el Sistema B (Palacio Quemado) y el Vestíbulo de las Columnas; al este, el Edificio C (Pirámide C, o Templo del Sol); al oeste, el Edificio E (Juego de Pelota II) y el Edificio F (Tzompantli), y, al sur, el Edificio K, un montículo no explorado en su totalidad. En el centro de la plaza se encuentra un pequeño basamento, denominado el Altar, o Adoratorio Central. Al norte del complejo se ubica otra estructura liberada: el Juego de Pelota (Mastache y Cobean 2006:203; Cobean y Gamboa Cabezas 2007:37) (Figura 2).

Debido al mal estado en que se encontraban muchos de los relieves de estas estructuras, durante el 2014 la CNCPC inició un proyecto integral de conservación (*cfr.* Castro *et al.* 2014; Jáidar *et al.* 2014), que actualmente se centra en la salvaguardia de los recubrimientos, los acabados arquitectónicos y los elementos decorativos presentes en la zona arqueológica, y plantea diversas líneas de acción en etapas que van desde la investigación y documentación hasta la conservación preventiva y directa de los elementos decorativos. En cada una de estas líneas han participado diversos especialistas, que han formado

<sup>5</sup> Unos de los principales atractivos de la zona arqueológica y con los cuales se la identifica.

un equipo interdisciplinario de restauradores, arquitectos y científicos orientado a resolver de la mejor manera las problemáticas presentes en el sitio.

Un gran número de lápidas grabadas y bajorrelieves en piedra de Tula, que constituyen uno de los elementos más destacados de los acabados arquitectónicos tanto por su calidad artística como por ser fuentes de información arqueológica, presentan escenas bélicas o rituales (*cfr.* Jiménez 2015:64). Debido a que la iconografía se asocia siempre con la guerra, es posible que se hayan plasmado procesiones con personajes que tomaran parte en acontecimientos tales como conquistas militares, lo que los hace un proveedor de información muy significativo (*cfr.* Jiménez 2015:64). Las áreas en las que se encuentran dichos elementos son las siguientes:

- Palacio Quemado: Banqueta norte y Banqueta sur
- Vestíbulo sur: Banqueta de los Caciques, bajorrelieve en el extremo sur
- Palacio este: altar en el acceso al palacio
- Estructura B (indicada en la Figura 2 como Pirámide B): lado norte, lado este y Coatepantli

Los elementos decorativos son bajorrelieves labrados en distintos tipos de toba volcánica<sup>6</sup> que representan figuras antropomorfas y zoomorfas. En algunos casos están recubiertas por una capa de estuco, como en el Edificio, o Estructura, B (Pirámide B), mientras que en otros están policromadas directamente sobre la piedra, como sucede con las banquetas y áreas del Coatepantli.

<sup>6</sup> Como parte del proyecto se tomaron muestras de los distintos tipos de piedra, las que, por estudios petrográficos, se determinaron de dos clases: toba con abundantes fragmentos líticos y cristales rotos englobados por una matriz pumícea (vidrio) y toba vítrea. Estos estudios fueron elaborados por el Laboratorio CODICE, CNCPC-INAH.

- 1. Pirámide C
- 2. Pirámide B
- 2A. Vestíbulo sur
- 3. Palacio Quemado
- 4. Palacio al este
- 5. Palacio de Quetzalcóatl
- 6. Edificio J
- 7. Edificio K
- 8. Juego de Pelota 1
- 9. Juego de Pelota 2
- 10. Adoratorio
- 11. Tzompantli
- 12. Coatepantli

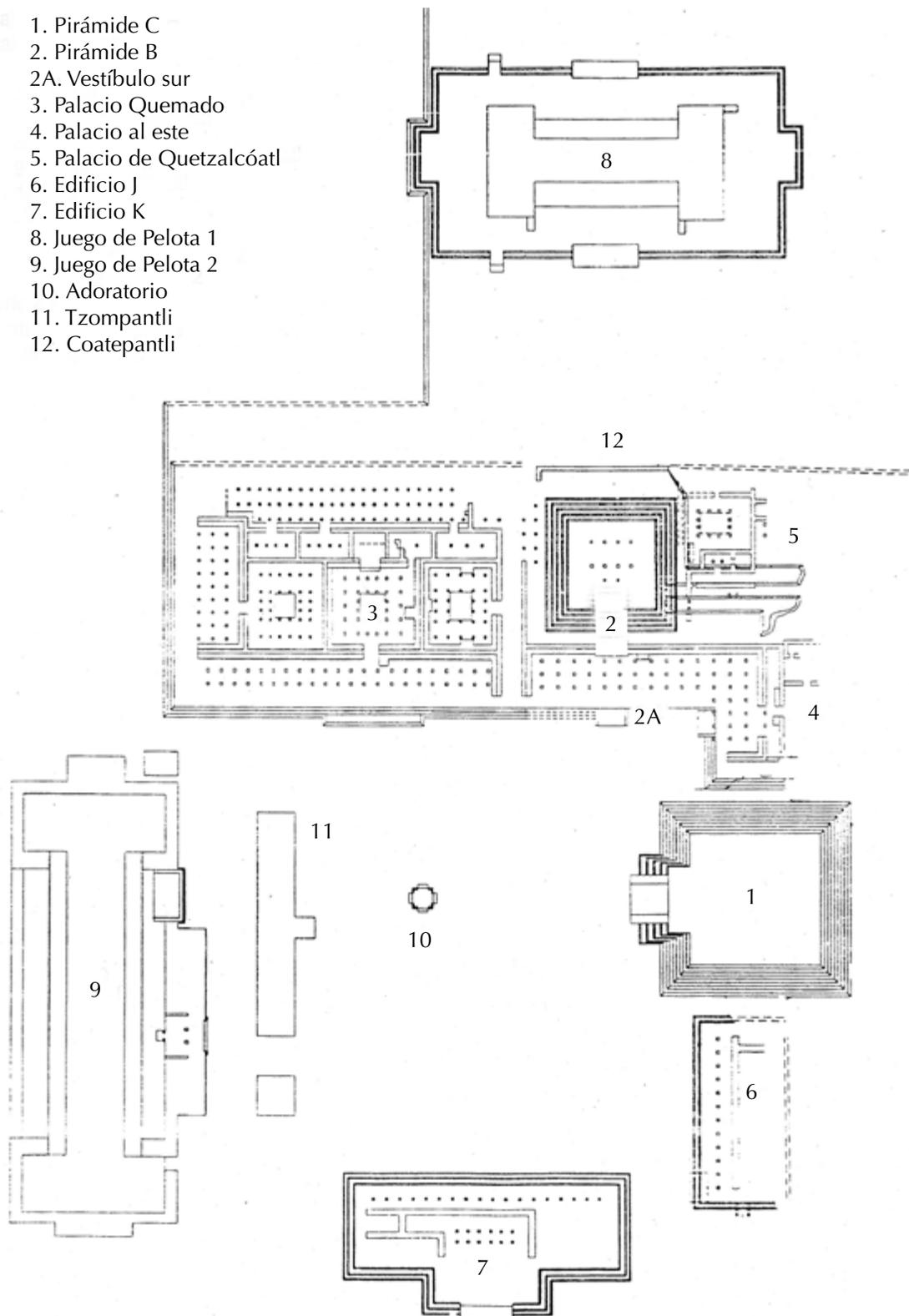


FIGURA 2. Plano general del núcleo urbano de la Zona Arqueológica de Tula, Hidalgo (Fuente: Soto 2004).



FIGURA 3. Vista general de la fachada este del Edificio B (Imagen: Archivo fotográfico del Proyecto Tula, 2016; cortesía: Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural [CNCPC-INAH], México).

Estos acabados arquitectónicos presentan actualmente una problemática compleja de conservación a causa de varios factores. Por una parte, su estado físico responde a su relación directa con las estructuras arquitectónicas que los sustentan, lo que implica que los problemas estructurales de los edificios, como las fracturas y las fisuras, se reflejen e impacten en las lápidas grabadas y los bajorrelieves *in situ*. Por otra parte, las piedras están formadas por minerales suaves, lo que significa que si bien los antiguos constructores las seleccionaron debido a la facilidad de su tallado, esta misma propiedad las hace más susceptibles al deterioro. De igual manera, las piedras tienen una textura y una composición mineralógica heterogéneas, ya que están conformadas por una matriz vítrea y clastos de diversa naturaleza, lo que las hace muy vulnerables al intemperismo.

Esta zona se encuentra en una región semiárida con clima de tipo templado subhúmedo que, por lo mismo, presenta fluctuaciones considerables de temperatura y humedad relativa, amén de la incidencia de agentes medioambientales, alta contaminación del aire, precipitaciones y otros aportes hídricos, en tanto que la acción eólica y el efecto de los crecimientos urbano e industrial en las inmediaciones de la zona arqueológica influyen negativamente en su conservación. A esto hay que agregar lo correspondiente al impacto de las propias intervenciones arqueológicas y de conservación que, a lo largo del tiempo, han modificado las características físico-mecánicas y químicas de estos acabados arquitectónicos, en donde se han empleado materiales no compatibles.<sup>7</sup> Ello ha llevado a que actualmente las lápidas grabadas y bajorrelieves que han permanecido *in situ* sufran una problemática compleja con diversos grados de alteración que, en ciertos casos, llegan a comprometer de manera inminente su estabilidad (Jáidar *et al.* 2016, 2017).

A la par de las acciones de conservación y restauración se ha llevado a cabo la investigación documental, así como el análisis, el estudio y la caracterización de materiales constitutivos, productos de degradación e intervenciones anteriores. Partiendo de la premisa de que una de las maneras de conservar es documentar, entre las principales metas

del proyecto está el registrar detalladamente cada uno de los bienes inmuebles por destino que se encuentran en la zona, lo cual se ha hecho conjuntamente con el Lab3D.

El primer elemento registrado fue el Edificio B, en el que se observan tres etapas constructivas con superposiciones parciales, donde los cuerpos de la segunda y la tercera etapas están decorados con lápidas de piedra que muestran procesiones de animales y personajes compuestos (Mastache *et al.* 2002:95).

Los conjuntos de lápidas están integrados por dos líneas de tableros: la inferior ostenta representaciones de aves (águilas y zopilotes) y personajes complejos (hombre-felino-pájaro-serpiente), y la superior, de cuadrúpedos (felinos y coyotes) (Jiménez 1998:267-274) intercalados con lápidas lisas. Entre los zoomorfos representados, el investigador Óscar Polaco identificó algunas especies como *Canis lupus*, *Puma concolor* y *Aquila crysaetos*, o águila real (Mastache y Cobean 2006:209), mientras que otros, como Acosta y Moedano (*cf.* Mastache *et al.* 2002:96), han considerado el personaje con atributos de hombre-felino-pájaro-serpiente como una posible representación del dios Tlahuizcalpantecuhtli (Figura 3).

El registro se llevó a cabo únicamente en la fachada este, que es donde se conserva más decoración, por lo que se dejaron para una segunda etapa la fachada norte y el elemento conocido como Coatepantli. Sin embargo, se consideró de suma importancia su levantamiento tridimensional debido, por un lado, a la complejidad del registro (dimensiones de la fachada, etapas constructivas y avanzado deterioro),<sup>8</sup> que, de efectuarse de otra manera, habría sido retardado e inexacto; por el otro, en virtud de que se pretende cambiar la cubierta actual, y tal grado de minuciosidad del registro facilitará la comprensión de los espacios y la elaboración de propuestas.

El segundo elemento seleccionado fue la Banqueta de los Caciques, la cual está adosada a la base de un muro que limita al vestíbulo por los lados norte, este y oeste, el cual corresponde a la última fase constructiva y está compuesto por lápidas de piedra con bajorrelieves coronados con una moldura.

<sup>7</sup> El uso del cemento Portland y resinas sintéticas que han favorecido la formación de sales, trabajos diferenciales físico-mecánicos y la cristalización de sales dentro de la matriz porosa de los soportes de piedra, lo que ha redundado en la disgregación de los materiales.

<sup>8</sup> Se ha perdido mucho del volumen y de las formas, por lo que se consideró que el tener un registro a detalle de lo que se conserva hoy en día es fundamental tanto para el registro de las intervenciones de restauración que se llevarán a cabo en un futuro como para su monitoreo.



FIGURA 4. Vista general de la Banqueta de los Caciques (Imagen: Archivo fotográfico del Proyecto Tula, 2016; cortesía: Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural [CNCPC-INAH], México).

La moldura, por su parte, está decorada con seis serpientes emplumadas ondulantes (cada una conformada por tres o cuatro sillares), mientras que en las lápidas se representan, de perfil, diecinueve personajes ricamente ataviados (Figura 4) (Moedano 1947:115; Cruz 2012:24).

A diferencia del proceso de registro del Edificio B, el de la Banqueta de los Caciques no se realizó *in situ*, sino que se documentó cada uno de sus elementos por separado debido a que la banqueta se desmontó y trasladó a las instalaciones de la CNCPC para estabilizarla y restaurarla.

El registro se llevó a cabo con el fin de obtener un pormenorizado modelo digital de cada elemento con el que documentar y estudiar sus dimensiones, con todos sus espesores y deformaciones, lo cual ayudará a precisar su montaje *in situ*, además de servir para su monitoreo en su lugar de origen.

Al ser, en su mayoría, relieves y elementos repetitivos en cuanto a iconografía, pero únicos en sus dimensiones, diseño y manufactura, se pretende documentar minuciosamente tres aspectos: su ubicación respecto de cada una de las estructuras, las formas que representan con su volumetría, color, textura y acabados de la superficie, así como el estado de conservación en el que se encuentran.

### Levantamiento 3D de los elementos decorativos de Tula

En el 2015 inició el levantamiento tridimensional con un escáner láser Leica® HDS 6200<sup>9</sup> con fotografía externa de dos elementos decorativos, el cual pertenece a la CNA del INAH. Se digitalizaron la fachada este del Edificio B y la Banqueta de los Caciques, ubicada en el Vestíbulo sur.

Para el levantamiento del muro este del Edificio B se hizo un total de 41 tomas a niveles y desde puntos de vista diferentes, siempre evaluando el grado de detalle de los elementos decorativos de la fachada, con el fin de obtener una nube de puntos lo más completa y uniforme posible. Para lograrlo en las zonas en que el muro tiene relieves fue necesario realizar posiciones a distancias muy regulares y cercanas entre sí, mientras que donde no los hay se llevaron a cabo con mayores separaciones.

En la primera plataforma las posiciones estuvieron condicionadas por los apoyos que tiene la cubierta, ya

<sup>9</sup> El levantamiento se hizo cuando aún estaba en trámite la adquisición de los equipos del Lab3D, por lo que se le solicitó a la CNA que apoyara con el préstamo de su escáner. Sin embargo, el levantamiento y el procesamiento de datos íntegro fue realizado por el Lab3D en la CNCPC.

que éstos se encuentran a una distancia de 3 m entre cada poste y separadas 1 m de la plataforma. Se posicionó el escáner de modo que no hubiera interferencia de los apoyos de la cubierta entre éste y la plataforma, con la finalidad de que el escaneo resultara más limpio, además de realizar una posición central entre cada poste a una altura de 0.6 m para cubrir las caras inferiores de los relieves. La segunda plataforma no presentó estos inconvenientes, ya que estaba libre de objetos que interfirieran entre el escáner y los relieves. La tercera plataforma que se escaneó ya no contaba con los relieves, por lo que las posiciones se realizaron a una altura de 1.5 m y con una separación de 5 metros.

Cabe mencionar que como el escáner HDS 6200 no cuenta con cámara fotográfica integrada, manualmente se hicieron 12 tomas fotográficas exactamente en el mismo punto en el que se encontraba el escáner, lo que se logró adaptando la cámara al soporte Nodal Ninja.<sup>10</sup>

Posteriormente, en gabinete se procedió con el registro del modelo, consistente en integrar las posiciones individuales de nubes de puntos y sus correspondientes fotografías en un modelo único y completo.

Este registro constó de dos etapas: la primera fue el tratamiento de las fotografías que se tomaron en cada posición para aplicarlas a la nube de puntos. Para conseguir esto se generó primero, por medio de *software* PTGui®, un panorama de 360°, y enseguida, en el *software* Pano2QTVR®, un cubo conformado por seis imágenes, las cuales, por último, se integraron a la nube de puntos con el *software* Cyclone®. Ya integrada la imagen en cada una de las posiciones, ya en una segunda etapa se procedió a registrar las nubes de puntos, lo que estribó en unir una posición con otra por los puntos de coincidencia que guardan entre sí, hasta formar un modelo completo con todas las posiciones realizadas.

Una vez obtenido el modelo completo, se borraron todos los puntos que no formaban parte de la estructura, como hierba o personas que se encontraban en la estructura (Figuras 5 y 6).

El levantamiento tridimensional de los elementos que conforman la Banqueta de los Caciques se practicó con el mismo escáner láser Leica® HDS 6200, aunque en este

<sup>10</sup> El Nodal Ninja es un aparato que hace coincidir el punto de vista de la cámara con el del escáner, con la finalidad de capturar imágenes que posteriormente se puedan integrar a la nube de puntos. En este proceso se tomaron ocho fotografías cada 30° en sentido horizontal, dos a 45° en sentido vertical, una cenital y una nadir.



FIGURA 5. Vista frontal de la nube de puntos del muro oriente del Edificio B (Imagen: Lab3D, 2015; cortesía: Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural [CNCPC-INAH], México).



FIGURA 6. Vista en perspectiva de la nube de puntos del muro oriente del Edificio B (Imagen: Lab3D, 2015; cortesía: Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural [CNCPC-INAH], México).

caso no se tomaron fotografías, pues no se requería integrarlas a la nube de puntos. El proceso se completó en las instalaciones de la CNCPC, donde, como se ha dicho, se encontraba la banqueta para sus tratamientos de conservación y restauración. Por razón de que las piezas estaban desmontadas, se dispuso de una base para colocar dos o tres de ellas para hacer su escaneo simultáneo y, de esta manera, agilizar el levantamiento. A causa de las malas condiciones físicas de algunas piezas, se escanearon dentro del taller para evitar moverlas y generar nuevos daños. Para cada grupo de éstas se realizaron entre cuatro y seis posiciones: cuatro en las esquinas y, de requerirlo, dos intermedias. Para este caso, además del registro de las posiciones de cada grupo y de la limpieza, se separaron las

## Plan de monitoreo a partir de modelos 3D

A la par de los equipos de digitalización 3D, se han abierto distintas posibilidades en lo que se refiere a *software*. De la misma manera que surgieron en la industria los escáneres 3D, el *software* de metrología buscó optimizar los procesos de control de calidad (cfr. Creaform 2014b), aquí, mediante un proceso llamado *inspección*.<sup>11</sup> Éste puede aplicarse a situaciones de conservación patrimonial gracias a los levantamientos tridimensionales. Para ello consideramos un modelo de referencia que puede establecerse a partir de un primer levantamiento tridimensional que contenga todas las características morfológicas de la pieza, más uno o varios modelos de análisis que

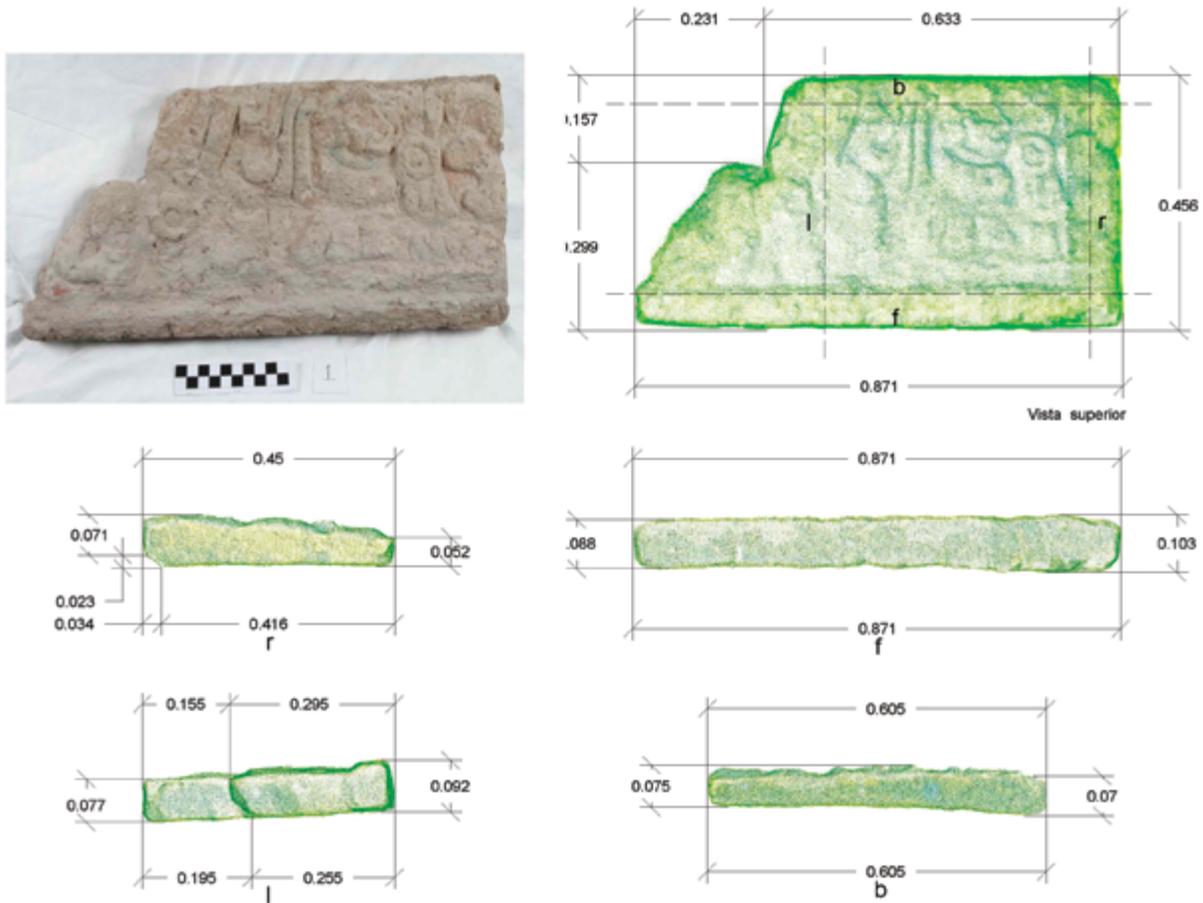


FIGURA 7. Análisis dimensional de una pieza de la Banqueta de los Caciques para el diseño de base de montaje *in situ* (Imagen: Lab3D, 2016; cortesía: Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural [CNCPC-INAH], México).

piezas para trabajarlas de manera independiente. Aunque la idea inicial era únicamente obtener las medidas exactas de todas las piezas para construir sus bases del montaje *in situ* (Figura 7), la precisión a la que se llegó con este tipo de técnica permitirá monitorear periódicamente el estado de conservación en el que se encuentran y la efectividad de los tratamientos que se les realicen, con registro de la pérdida de material, la acumulación de materiales, las deformaciones de las piezas y los agrietamientos.

<sup>11</sup> La inspección es el proceso mediante el cual se determina si una pieza o producto se desvía de un conjunto de especificaciones definidas que se conocen como *tolerancias* (Newman y Jain 1995; Jaramillo et al. 2007:118). Para la inspección se tiene un objeto de referencia, un objeto de análisis y un margen de error (tolerancia). Al comparar el objeto de análisis con el de referencia se ve si las diferencias (desviación) se encuentran dentro del margen de error, o tolerancia. A partir de este contraste de datos es posible realizar controles de calidad en una línea de producción, o bien, dictaminar el desgaste de una pieza.

consistirán en los siguientes levantamientos tridimensionales. Mediante el uso de *software* de metrología se compararán los modelos y estaremos en posibilidad de monitorear cambios e, incluso, simular patrones de deterioro.

Para el caso de los relieves de Tula, se ha puesto en marcha un plan de monitoreo, para lo cual el levantamiento del 2015 constituye nuestro objeto de referencia. Los subsecuentes serán objeto de análisis y, una vez definidos los valores de tolerancia, será posible hacer la inspección, la que, por su parte, dará como resultado un mapa de desviaciones mediante una escala de color de las diferencias entre los dos objetos (Figura 8).

que permiten un mejor conocimiento de los objetos en lo que respecta a sus características superficiales y estado de alteración, ya que se puede comparar su estado antes y después de una intervención o de intervalos de tiempo determinados, lo que, dicho de otro modo, establece un monitoreo periódico de dichos bienes.

En el caso del proyecto integral de Tula, el realizar este tipo de levantamiento tiene muchísimos beneficios para los distintos especialistas involucrados. En el caso específico de la conservación, se cuenta con un registro preciso de los relieves que se usarán como referencia del estado original, de modo que se lo podrá monitorear a mediano

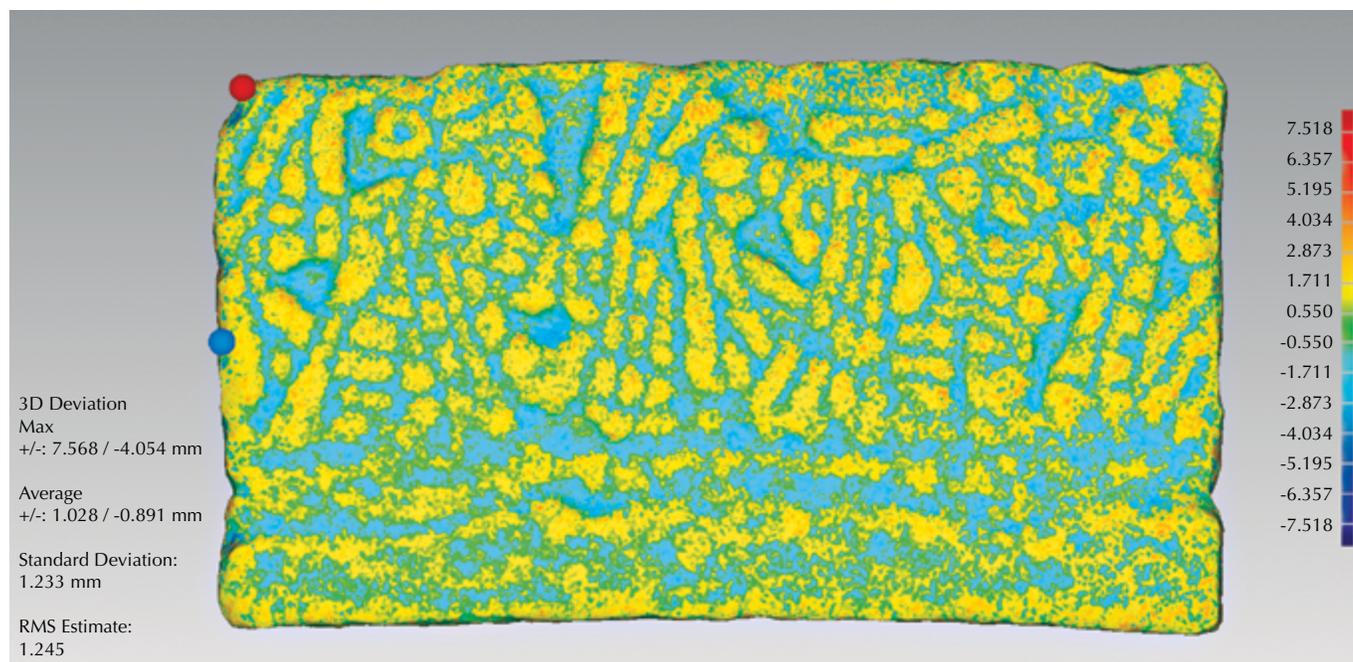


FIGURA 8. Ejemplo de mapa de desviación de un modelo 3D de una lápida de Tula contra el mismo modelo a menor resolución. La escala de colores indica el grado de diferencia (en milímetros) que existe entre ambos modelos (Imagen: Lab3D, 2016; cortesía: Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural [CNCPC-INAH], México).

A partir de los mapas de desviaciones se tendrá la capacidad de analizar y diagnosticar puntualmente las variaciones de los relieves en un determinado tiempo. Como complemento, se realizarán secciones en puntos estratégicos para conocer, de manera más específica, depósitos o pérdidas de material, abultamientos y desplomes, entre otros, a partir de lo cual se estará en condiciones de hacer un pronóstico de estado físico y, en consecuencia, de tomar las medidas de conservación adecuadas.

## Conclusiones

Con los avances tecnológicos de los últimos años se ha incrementado el grado de detalle y precisión de la documentación del patrimonio cultural, la que ahora conforma no sólo una técnica de registro, sino también una herramienta de investigación y conservación. Al ahondar ampliamente en sus aplicaciones técnicas, es de notar

y a largo plazos. Por otra parte, en el modelo tridimensional se documentarán los procesos de restauración, lo que servirá como base para hacer estudios de imagen posteriores, ya sea de todo el conjunto o de algunos de los elementos que lo conforman.

Para el área de arquitectura, el modelo resultó fundamental, al dar a conocer las dimensiones exactas, tanto generales como particulares, de todos los elementos, y la forma en que están dispuestos en el espacio. Como se mencionó líneas arriba, para el cambio de cubiertas y rehabilitación de espacios (acciones fundamentales que se llevan a cabo dentro del proyecto), es necesario conocer tanto el espacio y la disposición de cada agregado (postes, columnas, láminas, etapas constructivas, por ejemplo) como los niveles, sistemas de desagüe, etcétera. De este modo, los espacios se pueden estudiar fuera de campo, así como concebir propuestas específicas y simularlas digitalmente.

Además, con el caso de Tula sentamos un precedente: es un proyecto piloto de monitoreo tridimensional, en el que se utilizan tecnologías y metodologías hasta ahora empleadas únicamente en procesos de fabricación y no específicamente en el diagnóstico y el monitoreo de conservación.

Infinitos son los casos de bienes culturales expuestos al paso del tiempo y a la intemperie que inevitablemente se han ido perdiendo, y existen vagos registros de la forma que tuvieron hace algunos años, por lo que esta técnica viene a apoyar parte de nuestra labor como conservadores del patrimonio cultural, que es la de prevenir dichas pérdidas.

Así, estos avances tecnológicos permiten difundir de mejor manera nuestro patrimonio cultural y las acciones de conservación que se realizan (cfr. Jiménez-Badillo 2016; Gándara 2016).

## Referencias

- Bautista Martínez, Josefina y Mirta Insaurralde (coords.)  
2012 *Manual de radiología aplicada al estudio de bienes culturales: Zamora*, México, El Colegio de Michoacán/Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (Colmich/ECRO).
- Castro Barrera, María del Carmen, Yareli Jáidar Benavides y Gabriela Mazón Figueroa  
2014 "Propuesta de intervención de la Banqueta de los Caciques, Zona Arqueológica de Tula, Hidalgo", mecanoscrito, México, Archivo de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH).
- CAV, Diseño e Ingeniería  
2014 "Levantamiento con escáner láser 3D de la ex hacienda de San Diego del Jaral, San Felipe, Guanajuato, México", documento electrónico disponible en [http://www.cavdiseno.mx/inspirob/sites/default/files/imagenes\_paginas/Documento%20Jaral.pdf], consultado en junio de 2016.
- Cobean, H. Robert y Luis M. Gamboa Cabezas  
2007 "Investigaciones recientes en la zona monumental de Tula (2002-2006)", *Arqueología Mexicana*, 85 (15):36-39.
- Creaform  
2014 "An introduction to 3D scanning", 16-19, documento electrónico [ebook] disponible en [https://www.creaform3d.com/es/centro-de-recursos/casos-de-exito/creacion-del-interior-de-un-avion-del-escaneado-al-modelado-en-3d], consultado en junio de 2016.  
2014 "Measurement technologies in quality control purposes-Teaching manual", documento electrónico [ebook] disponible en [https://www.creaform3d.com/sites/default/files/assets/technological-fundamentals/teaching\_manual\_quality\_en\_24032014.pdf], consultado en junio de 2016.
- Cruz Flores, Sandra, Alejandra Bourillón Moreno, Anacaren Morales Ortiz, Rodrigo Ruiz Huerta, Rodrigo y María Fernanda López-Armenta  
2017 "Haciendo frente a los embates medioambientales: conservación integral del sitio Cuevas Pintas, Baja California Sur", ponencia presentada en el Foro Anual de Trabajo 2017 el 7 de marzo, Ciudad de México, Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC), recurso multimedia disponible en [https://www.youtube.com/watch?v=35KAK9-x2C0], consultado en junio de 2016.
- Cruz Flores, Sandra, Jimena Portocarrero Navarro y Alejandra Bourillón Moreno  
2012 "Diagnóstico del estado de conservación de las lápidas grabadas y bajorrelieves del Palacio Quemado, Vestíbulo sur, Palacio este y Edificio B de la Zona Arqueológica de Tula, Hidalgo", mecanoscrito, México, Archivo de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH).
- Jiménez García, Elizabeth, Robert H. Cobean  
2015 "Procesiones esculpidas en la antigua Tollan", *Arqueología Mexicana*, 131:60-65, documento electrónico disponible en [http://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/procesiones-esculpidas-en-la-antigua-tollan]
- Diaprem  
2010 "La forma dell'architettura e la consistenza qualitativa del materiale lapideo: il tempio di san Biagio a Montepulciano", documento electrónico disponible en [http://www.unife.it/centri/diaprem/archivio-progetti/superfici\_montepulciano/copy\_of\_pagina\_standard], consultado en junio de 2016.
- Demas M.  
2004 "Site Unseen: the case of reburial of archaeological sites" en *Conservation and management of Archaeological Sites*, (6):137-154.
- Esparza López, Rodrigo y Paulina Machuca Chávez  
2014 "Laboratorio de Análisis y Diagnóstico del Patrimonio (Ladipa): una perspectiva a ocho años de su gestación", *Intervención. Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museografía*, 9 (5):76-79, documento electrónico disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S2007-249X2014000100009], consultado en junio de 2016.
- Fragoso Calderas, Irlanda  
2015 "El uso del escáner láser 3D en la CNCPC. Retos y perspectivas a futuro", *CR Conservación y Restauración* (6):40-44, documento electrónico disponible en [http://conservacion.inah.gob.mx/publicaciones/?p=1301], consultado en mayo de 2016.
- Gándara Vázquez, Manuel  
2016 "¿Difundir o divulgar? He ahí el dilema", en D. Jiménez-Badillo y M. Gándara Vázquez (eds.), *El patrimonio cultural y las tecnologías digitales. Experiencias recientes desde México*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (INAH/Conacyt), 60-73.
- García, Juan C. y Ángel Mora  
2011 "El desarrollo de la tecnología escáner láser en la conservación del patrimonio", en *Memoria del IX Encuentro Internacional de Revitalización de Centros Históricos: Desarrollo y Conservación*, México, Centro Cultural de España en México (CEEMX), 126-135.

García Quintana, Gilberto, María Fernanda López-Armenta y Celedonio Rodríguez Vidal

2017 "Tecnologías de análisis tridimensional en apoyo a los proyectos de conservación", ponencia presentada en el Foro Anual de Trabajo 2017 el 7 de marzo, Ciudad de México, Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC), recurso multimedia disponible en [https://www.youtube.com/watch?v=35Kak9-x2C0], consultado en junio de 2016.

Gómez Ramsey, Emily Kat

2014 "Expertos prevén que restauración del Caballito comience hasta finales de 2014", *Animal Político*, Ciudad de México, 1 de mayo, documento electrónico disponible en [http://www.animalpolitico.com/2014/05/expertos-preven-que-restauracion-del-caballito-comience-hasta-finales-de-2014], consultado en junio de 2016.

INAH

2012a "Digitalizan ciudades sagradas del México antiguo", 17 de septiembre, documento electrónico disponible en [http://inah.gob.mx/boletines/691-digitalizancidudades-sagradas-del-mexico-antiguo], consultado en junio de 2016.

2012b "Crean base de datos de piezas prehispánicas en 3D", 18 de junio, documento electrónico disponible en [http://inah.gob.mx/es/boletines/683-crean-base-de-datos-de-piezas-prehispanicas-en-3d], consultado en junio de 2016.

2016a "El INAH conforma un acervo de modelos 3D del patrimonio edificado", 18 de julio, documento electrónico disponible en [http://www.inah.gob.mx/es/boletines/5411-el-inah-conforma-un-acervo-de-modelos-3d-del-patrimonio-edificado], consultado en junio de 2016.

2016b "Una obra maestra despliega los caminos de luz del pueblo huichol", 7 de diciembre, documento electrónico disponible en [http://inah.gob.mx/es/boletines/5797-una-obra-maestra-despliega-los-caminos-de-luz-del-pueblo-huichol], consultado en junio de 2016.

INAH, Marcello Balzani e Federica Maietti

2008 "Lo spazio simbolico per il futuro della memoria. Recupero e valorizzazione del cuore di città del Messico", *Revista Paesaggio Urbano*, marzo-abril, 2:88-95.

Jáidar Benavides, Yareli, Mariana Díaz de León Lastras et al.

2014 "Proyecto: Conservación de los bienes inmuebles por destino de la Zona Arqueológica de Tula", mecanoscrito, México, Archivo de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH).

2016 "Informe de los trabajos realizados en la Banqueta de los Caciques. Zona arqueológica de Tula, Hidalgo" mecanoscrito, México, Archivo de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH).

2017 "Informe de los trabajos realizados en la Banqueta Sur del Palacio Quemado. Zona arqueológica de Tula, Hidalgo" mecanoscrito, México, Archivo de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH).

Jaramillo, Andrés Eleazar, Flavio Prieto y Pierre Boulanger

2007 "Inspección de piezas 3D: revisión de la literatura", *Revista Ingeniería e Investigación* 27 (3):118-126, documento electrónico disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092007000300013&script=sci\_arttext&lng=es], consultado en mayo del 2016.

Jiménez-Badillo, Diego

2016 "La Red TDPC y la difusión del patrimonio cultural en el siglo XXI", en D. Jiménez-Badillo y M. Gándara Vázquez (eds.), *El patrimonio cultural y las tecnologías digitales. Experiencias recientes desde México*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (INAH/Conacyt), 42-59.

Magar, Valerie y Adriana Cruz

1999 "Conservation in Mexico" en ICOM Committee for Conservation, Preprints Volume I, 12th Triennial Meeting Lyon August-3 September, 177-182

Manrique Tamayo, Silvia Noemí

2014 "Aplicaciones del Reflectance Transformation Imaging para el análisis por imágenes de superficies en la conservación y restauración de bienes culturales", tesis de maestría, Universitat Politècnica de València, documento electrónico disponible en [http://hdl.handle.net/10251/39136], consultado en junio de 2016.

Mastache, Alba Guadalupe y Robert H. Cobean

2006 "El recinto sagrado de Tula", en Leonardo López Luján, David Carrasco y Lourdes Cué (coords.), *Arqueología e historia del centro de México. Homenaje a Eduardo Matos Moctezuma*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), 203-216.

Mastache, Alba Guadalupe, Robert H. Cobean y Dan M. Healan  
2002 *Ancient Tollan: Tula and the Toltec Heartland*, Boulder, University Press of Colorado.

Medina-González, Isabel

2003 "Informe de los trabajos de conservación emergente realizados en uno de los tableros con bajo-relieve de las Banquetas de la Sala 2 del Palacio Quemado, Zona Arqueológica de Tula, Hidalgo", mecanoscrito, México, Archivo de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural-Instituto Nacional de Antropología e Historia (CN-CPC-INAH).

Medina-González, Isabel, Gregory Pereira y Brigitte Faugere

2016 "Digitalización tridimensional para el estudio y la conservación de manifestaciones arqueológicas gráfico-rupestres uacúsechas", en D. Jiménez-Badillo y M. Gándara Vázquez (eds.), *El patrimonio cultural y las tecnologías digitales. Experiencias recientes desde México*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (INAH/Conacyt), 236-254.

Miramontes Mercado, Ana Bertha

2015 "Miradas desde el cielo hasta el corazón de la tierra: retratando a Mictlantecuhtli", *Conservación y Restauración*, 6:51-56, documento electrónico disponible en [http://conservacion.inah.gob.mx/publicaciones/wp-content/uploads/2015/10/BoletinCR06\_Miradas-desde-el-cielo-hasta-el-coraz%C3%B3n-de-la-tierra.-Retratando-a-Mictlantecuhtli\_Proyectos-y-actividades.pdf], consultado en mayo de 2017.

Moedano, Hugo

1947 "El friso de los caciques", *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, tomo II, 113-136.

Montalvo, Tania L. y Arturo Daen

2016 "Sólo se recupera 1 de cada 100 bienes culturales robados en México", *Animal Político*, Ciudad de México, 17 de octubre, documento electrónico disponible en [http://www.animalpolitico.com/2016/10/bienes-culturales-robo-mexico-arte-sacro], consultado en junio de 2016.

Mora Flores, Ángel

2011 "Tecnología escáner láser aplicada al estudio del patrimonio cultural edificado de México", *Intervención. Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museografía*, 3 (2):51-54, documento electrónico disponible en [http://www.encyrm.edu.mx/index.php/revista-intervencion], consultado el 31 mayo de 2016.

Lancic

2015 "Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (Lancic), México", *Intervención. Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museografía*, 12 (6):77-84, documento electrónico disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S2007-249X2015000200085&lng=es&nrm=iso&tlng=es], consultado en junio de 2016.

Newman, Timothy S. y Anil K. Jain

1995 "A survey of automated visual inspection", *Computer Vision and Image Understanding*, 61 (2):231-262.

Salinas Rodrigo, M.

2011 "Recuento histórico de los desprendimientos de pintura mural en Teotihuacan", *Intervención. Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museografía*, 3 (2):33-41.

Soto, Santiago

2004 "Conservación, mantenimiento, restauración e investigación de la Zona Arqueológica de Tula", Pachuca, Centro INAH-Hidalgo.

Tavares, Martha, Ana Cristian Magalhaes, Maria Do Rosário Veiga y José Aguiar

2005 "Métodos de diagnóstico para revestimientos de edificios antiguos. Importancia y aplicabilidad de los ensayos in situ", *Revista ph*, 53:11-17, documento electrónico disponible en [http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/1964#.WPj6c\_mGOUk], consultado en junio de 2016.

Trejo Rivera, Flor y Gabriel Gaytán-Ariza

2014 "Museo virtual de Arqueología Subacuática (MAS)", ponencia presentada en el Primer Congreso Internacional El Patrimonio Cultural y las Nuevas Tecnologías el 13 de diciembre, Ciudad de México, documento electrónico disponible en [http://www.pcnt.inah.gob.mx/pag/programa.php], consultado en junio de 2016.

## Síntesis curricular del/los autor/es

### Yareli Jáidar Benavides

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
yareli\_jaidar@inah.gob.mx

Licenciada en restauración (Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía [ENCRYM], Instituto Nacional de Antropología e Historia [INAH], México) con la tesis intitulada "Los extractos vegetales usados como aditivos en los morteros de cal con fines de conservación". Doctora en ciencias aplicadas a la conservación del patrimonio cultural (Università degli Studi di Firenze [Unifi, Universidad de Florencia], Italia). Del 2010 a la fecha tiene una plaza en la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), dentro del área de conservación arqueológica, donde ha coordinado y ejecutado proyectos de restauración en el sureste y centro de México, como Balamku, Río Bec y Becan, en el estado de Campeche, y Tula, en el de Hidalgo. Desde el 2007 ha participado y coordinado proyectos de colaboración con Unifi-CSGI y la CNCPC-INAH en materia de nanociencia aplicada a la conservación de bienes culturales.

### María Fernanda López Armenta

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
fl.armenta@gmail.com

Arquitecta (Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], México). Se capacitó en el uso de la tecnología escáner láser para monumentos en el Centro Departamental para el Desarrollo de Procedimientos Automatizados Integrales para la Restauración de Monumentos (Development of Integrated Automatic Procedures for Restoration of Monuments [Diaprem], Italia) de la Universidad de Ferrara (Università degli Studi di Ferrara, Italia). Contribuyó a la consolidación del Laboratorio de Imagen y Análisis Dimensional de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos (CNMH) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y fungió como responsable técnica del mismo en el 2014. Ha impartido diversas ponencias y talleres sobre los alcances y usos de las tecnologías de registro tridimensional con escáneres 3D en instituciones como el INAH, la UNAM y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Actualmente forma parte del Laboratorio de Documentación y Análisis Tridimensional (Lab3D) de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC-INAH).

## Celedonio Rodríguez Vidal

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
rovi\_arq@hotmail.com

Arquitecto (Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco [UAM-X], México). Es experto en levantamientos arquitectónicos con tecnología de escáner láser y trabajó siete años en levantamientos de inmuebles arquitectónicos históricos y arqueológicos en el Laboratorio de Imagen y Análisis Dimensional de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos (CNMH) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Actualmente forma parte del Laboratorio de Documentación y Análisis Tridimensional (Lab3D) de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC-INAH).

## Isabel Villaseñor

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
villaseñor.isa@gmail.com

Licenciada en restauración (Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía [ENCRYM], Instituto Nacional de Antropología e Historia [INAH], México), maestra y doctora en arqueología por el Instituto de Arqueología de la Universidad Colegio de Londres (University College London [UCL], Reino Unido). Ha sido profesora adjunta y titular de diversos cursos sobre materiales arqueológicos y conservación en la ENCRYM, Escuela de Conservación y Restauración de Occidente (ECRO), Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH-INAH), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y UCL. Ha participado en congresos nacionales e internacionales y publicado en revistas indizadas; sus principales líneas de investigación son la conservación del patrimonio cultural, el análisis conceptual de la patrimonialización de la cultura y los derechos culturales. Es subdirectora de Investigación para la Conservación en la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC-INAH) desde el 2013.

## Ana Jose Ruigómez Correa

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
aruigomez@gmail.com

Licenciada en restauración de bienes muebles (Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía [ENCRYM], Instituto Nacional de Antropología e Historia [INAH], México). Trabajó en el Programa de Prevención de Robo y Tráfico Ilícito de Bienes Culturales de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC-INAH). Ha colaborado en proyectos de registro y documentación fotográfica. Cuenta con un curso de especialización en documentación fotográfica y diagnóstico de bienes culturales. Sus principales líneas de trabajo son el diagnóstico de conservación de bienes muebles, así como el registro y monitoreo del estado de conservación y las intervenciones realizadas en el patrimonio cultural mediante diversas técnicas.

## Irlanda Stefanie Fragoso Calderas

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC),  
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México  
Irlanda\_fragoso@inah.gob.mx

Licenciada en restauración de bienes muebles (Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía [ENCRYM], Instituto Nacional de Antropología e Historia [INAH], México), además de ser profesora de la misma escuela, del 2009 al 2013. Recibió el premio Paul Coremans 2013 a la mejor tesis de licenciatura y ha participado en diversos proyectos de investigación y numerosos proyectos de conservación de pintura mural arqueológica en los sitios de Teotihuacan, Ek' Balam y Bonampak, entre otros. Fungió como jefa del Departamento de Conservación del Patrimonio Arqueológico *in situ* de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC-INAH); es directora de Conservación e Investigación de la CNCPC-INAH; todos en México.

**Postulado/Submitted:** 07.06.2016

**Aceptado/Accepted:** 04.05.2017

**Publicado/Published:** 15.07.2017

