

Réplica escultórica y preservación del patrimonio cultural mesoamericano: Revisión teórica y tendencias contemporáneas

Lorena Gertrudis Valle Chavarría^(*), Carlos Eric Berumen Rodríguez^(**) y David Alonso Leija Román^(***)

Resumen: Las réplicas escultóricas, tanto físicas como digitales, se han convertido en una herramienta estratégica para la preservación, investigación y difusión del patrimonio cultural mesoamericano. Frente a amenazas como la erosión ambiental, el expolio arqueológico y el turismo masivo, la reproducción controlada de esculturas y monumentos permite salvaguardar los originales mediante su resguardo en ambientes museográficos, al mismo tiempo que se garantiza la continuidad de la experiencia visual y simbólica en los sitios arqueológicos. En los últimos años, el desarrollo de tecnologías de documentación tridimensional, como la fotogrametría y el escaneo láser, junto con la impresión 3D en materiales resistentes, ha potenciado la precisión y durabilidad de las réplicas. Estas innovaciones han coincidido con una mayor claridad normativa en países como México, donde el INAH regula estrictamente la reproducción de bienes arqueológicos. Además, plataformas digitales de acceso abierto han impulsado la democratización del conocimiento patrimonial. No obstante, persisten debates éticos relacionados con la autenticidad, la participación comunitaria y los derechos culturales.

Se presenta un caso de estudio aplicado: la reproducción de una figura femenina huasteca del período Clásico (200-900 d.C.) mediante dos enfoques complementarios, ofreciendo un ejemplo concreto de cómo la integración de métodos digitales y tradicionales enriquece las estrategias de conservación y difusión patrimonial.

Este artículo examina el papel de las réplicas escultóricas en las políticas contemporáneas de conservación dentro del patrimonio cultural relacionado con las culturas antiguas de Mesoamérica, destacando su relevancia interdisciplinaria y sus desafíos futuros. Se concluye que las réplicas escultóricas deben entenderse no como simples copias materiales, sino como recursos culturales didácticos y museísticos que promueven la preservación del patrimonio.

Palabras clave: Réplica escultórica - Patrimonio cultural mesoamericano - Museos - Conservación preventiva - Fotogrametría - Modelado 3D - Modelado manual - Ética patrimonial - INAH - UNESCO

[Resúmenes en inglés y en portugués en las páginas 211-213]

(*)(**)(***) Ver CVs. de Lorena Gertrudis Valle Chavarría, Carlos Eric Berumen Rodríguez y David Alonso Leija Román en páginas 213-214

Introducción

La conservación del patrimonio cultural escultórico en Mesoamérica enfrenta un conjunto complejo de amenazas que combinan factores ambientales como erosión, humedad y cambios climáticos localizados, así como presiones antrópicas como el expolio, tráfico ilícito y el turismo masivo aunado a limitaciones institucionales en materia de recursos humanos y técnicos. Estos factores no sólo afectan la integridad material de las piezas, sino que también condicionan la capacidad de los museos y sitios arqueológicos para garantizar la transmisión de su valor simbólico y educativo a las generaciones presentes y futuras. En México, la protección de los bienes arqueológicos está regulada por la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas y por los procedimientos administrativos del organismo gubernamental Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), que legislan, entre otras cosas, la reproducción autorizada de monumentos y la digitalización de colecciones (Gobierno de México, s.f.).

En este contexto, las réplicas escultóricas tanto físicas como digitales emergen como herramientas complementarias de preservación preventiva y mediación patrimonial.

Las réplicas permiten retirar originales frágiles que se ubican en contextos de riesgo para su resguardo en depósitos o salas controladas, sustituyéndolos por copias que mantienen la experiencia visual y espacial que ofrece la pieza *in situ* o en escenarios museográficos.

En relación a los museos, Jorge de la Torre-Cantero *et al* (2015) afirman que estas son las primeras instituciones que usan las réplicas con finalidad educativa, aunque el acceso a los museos por parte de los alumnos en algunos casos es limitado. Sin embargo, con la aparición de tecnologías emergentes existen además otras iniciativas para la conservación y divulgación del patrimonio.

De acuerdo a Balletti & Ballarin (2019), en los últimos años el uso de tecnologías 3D como el escaneo láser y la fotogrametría digital se han convertido en una práctica habitual para registrar el patrimonio cultural. Estos métodos permiten estudiar la forma, la geometría y la posición de distintos objetos sin necesidad de tocarlos. Obtener datos tridimensionales precisos de un bien facilita su conservación y seguimiento, además de ayudar a interpretar su historia y el patrimonio cultural asociado. En resumen, genera un objeto digital del estado del bien patrimonial que puede emplearse con múltiples propósitos, modificarse o guardarse de manera segura.

Asimismo, los modelos digitales (mallas 3D, texturas fotográficas) posibilitan la generación de réplicas físicas mediante tecnología impresión 3D, así como la creación de recursos virtuales para educación, accesibilidad y “repatriación digital”¹. Estudios recientes en

México han documentado la aplicación práctica de flujos multimodales (fotogrametría, LiDAR, escaneo estructurado) para la rápida documentación de escenarios arqueológicos complejos, subrayando la utilidad de estos métodos como base para réplicas de alta fidelidad y para la creación de archivos de preservación a largo plazo (Rissolo, D., McAvoy, S., Barba Meinecke, H., Moyes, H., Meacham, S., Fortin, J., Devos, F. y Kuester, F., 2024).

La incorporación masiva de tecnologías de documentación tridimensional en proyectos de patrimonio plantea, sin embargo, cuestiones técnicas, institucionales y éticas. En el plano técnico, la calidad de una réplica depende de la precisión de captura (resolución de imágenes, número de tomas, calibración), del posprocesado de mallas (retopología, corrección de huecos) y de la selección de materiales para la reproducción física (resinas, compuestos, morteros de conservación).

En el plano institucional, la disponibilidad de marcos normativos y de repositorios accesibles condiciona el aprovechamiento social de estas tecnologías: iniciativas recientes que proponen atlas arqueológicos nacionales o también conocidos como sistemas Web GIS 3D, evidencian la voluntad técnica de crear infraestructuras escalables, pero ponen de manifiesto también la necesidad de acuerdos sobre gobernanza de datos, permisos y acceso público. (Shim, H., Choi, S., Lee, W., Rii, HU y Kim, S., 2025). En México, el INAH está desarrollando un atlas arqueológico nacional con el registro y la cartografía de sitios en 2D, aunque se plantea escalarlo a un sistema Web GIS 3D.

Desde la dimensión ética y sociocultural, la reproducción digital y física del patrimonio suscita debates sobre autenticidad, apropiación y relación con las comunidades originarias. Autores que analizan la visualización 3D del patrimonio vivo han enfatizado que las réplicas no son meras copias neutras: ellas “manifiestan potencia” o significado cultural, y su uso puede alterar la forma en que comunidades y públicos interactúan con lugares y objetos. Por ello, la documentación digital y la producción de réplicas requieren prácticas sensibles que consideren la participación comunitaria, la contextualización interpretativa y el respeto a significados rituales o ceremoniales que exceden la mera materialidad (Wessels, S., Maape, S., Schoville, B.J. & Wilkins, J., 2022).

Paralelamente, la digitalización y la virtualización de bienes culturales han demostrado su potencial para mejorar la accesibilidad y la educación patrimonial. Proyectos aplicados en México han utilizado metodologías de fotogrametría y realidades aumentada (virtual) para permitir visitas remotas a estructuras complejas, favoreciendo el acceso universal y la difusión científica y didáctica de colecciones que, de otro modo, permanecerían restringidas por su fragilidad o por limitaciones geográficas (Foundtech, s.f.). Estas prácticas se articulan con la función educativa de museos y recintos culturales, que encuentran en las réplicas y en los recursos digitales herramientas para diseñar experiencias táctiles e interactivas orientadas a públicos diversos, como investigadores de todo el mundo.

Este artículo parte de la premisa de que las réplicas escultóricas deben entenderse como instrumentos multidimensionales: técnicos (como soportes de preservación), educativos (como mediadores museográficos) y políticos (como objetos sujetos a regulación y negociación con comunidades). A partir de una revisión teórica y documental de la literatura y de iniciativas recientes –complementada con un caso de estudio aplicado sobre la reproducción de una figura femenina huasteca mediante fotogrametría y modelado manual– se

busca delinear tendencias, retos y recomendaciones para la integración responsable de réplicas en las estrategias patrimoniales mesoamericanas.

En la actualidad, los museos y centros de conservación enfrentan la necesidad de reconfigurar sus estrategias de preservación frente a las limitaciones materiales y tecnológicas que afectan a los bienes arqueológicos mesoamericanos. La digitalización y reproducción escultórica se han convertido en medios esenciales para garantizar la continuidad del patrimonio tangible, especialmente en contextos de vulnerabilidad ambiental o de acceso restringido (Gómez & López, 2020). En México, el INAH se ha posicionado como un organismo clave en la regulación de estos procesos, estableciendo criterios técnicos y éticos para la reproducción y documentación tridimensional de piezas arqueológicas (INAH, 2023).

Las réplicas escultóricas, tanto físicas como digitales, representan hoy un campo de convergencia interdisciplinaria que involucra la arqueología, la conservación, la ingeniería, la museografía y la pedagogía del patrimonio. La virtualización de objetos arqueológicos no solo actúa como estrategia de preservación, sino que redefine la forma en que se transmite el conocimiento cultural, incorporando lenguajes visuales interactivos y experiencias inmersivas. En este sentido, el uso de fotogrametría y escaneo 3D ha permitido registrar con alta precisión esculturas, estelas y figurillas mesoamericanas, contribuyendo a la creación de repositorios abiertos de libre acceso (Remondino y Rizzi, 2021).

No obstante, esta apertura tecnológica debe equilibrarse con la responsabilidad patrimonial y el reconocimiento de los derechos culturales de las comunidades originarias vinculadas a los bienes arqueológicos (UNESCO, 2021). La apropiación simbólica del patrimonio digital, al igual que su interpretación museográfica, requiere políticas de participación comunitaria, traducción intercultural y mediación ética.

Bajo esta perspectiva, el presente artículo tiene como objetivo general analizar el papel contemporáneo de las réplicas escultóricas en la preservación y difusión del patrimonio mesoamericano, considerando tanto sus implicaciones técnicas como su dimensión educativa y social. Asimismo, se busca ilustrar este marco mediante un caso de estudio aplicado, enfocado en la reproducción de una figura femenina de la cultura huasteca datada aproximadamente del periodo clásico mesoamericano (200-900 d.C.), reproducida o replicada a través de dos metodologías complementarias: la fotogrametría digital y el modelado manual con masilla de patente propia.

Método

El presente estudio se desarrolla desde un enfoque cualitativo de carácter teórico-documental y complementado con un caso de estudio experimental de aplicación variable tecnológica y manual.

La primera parte consistió en la revisión bibliográfica y documental de literatura académica reciente sobre procesos de documentación tridimensional, fotogrametría aplicada a la arqueología y políticas de conservación en México y América Latina. Las fuentes fueron seleccionadas de repositorios académicos indexados (Scopus, ScienceDirect, Springer-

Link, y bases institucionales del INAH y UNESCO), priorizando textos publicados entre 2018 y 2024.

Revisión documental y marco institucional. Se consultaron lineamientos oficiales del INAH sobre reproducción de bienes arqueológicos, manuales de fotogrametría y documentación 3D, así como estudios de caso aplicados en museos nacionales. Entre ellos, destacan los trabajos sobre digitalización patrimonial y educación museística en el libro *Patrimonio digital: métodos computacionales y medios interactivos para estudiar y divulgar el patrimonio cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia* (Jiménez-Badillo, D., 2021) y las recomendaciones técnicas de la UNESCO (2021) sobre ética y acceso abierto al patrimonio digital.

Caso de estudio: elaboración de réplica de figurilla femenina región huasteca

El caso de estudio se centró en la documentación y en la reproducción escultórica de una *figurilla*, denominación empleada para este tipo de pequeñas esculturas cerámicas, identificada comúnmente como “mujer huasteca”. Esta designación responde al lugar de su hallazgo, ubicado dentro de la región o asentamiento asociado a la zona o cultura huasteca; sin embargo, no es posible afirmar con certeza su adscripción cultural a dicho grupo. La pieza corresponde al periodo Clásico (200-900 d.C.) y fue elaborada en barro mediante la técnica del pastillaje con medidas de 20.7 x 8 x 4.6 cm. Presenta rasgos compartidos con otras estatuillas femeninas, tales como la desnudez, la postura corporal rígida, los senos prominentes, así como caderas y piernas anchas. Estas características han sido vinculadas simbólicamente con la fertilidad, la fecundidad de la tierra y la actividad agrícola, elementos de profunda relevancia para las sociedades prehispánicas.

Los rasgos faciales, de apariencia inexpresiva, sugieren la representación de una mujer joven. Los ojos fueron modelados mediante perforación, mientras que la boca entreabierta evidencia labios gruesos; las orejas se adhieren directamente al rostro. La figura porta además un collar y brazaletes en los brazos y las rodillas, elementos que podrían indicar un estatus social elevado dentro del grupo al que perteneció (Museo Amparo, s.f.) (*Ver Figura 1*).



Figura 1. Figurilla femenina, cultura desconocida, región huasteca; 20.7 x 8 x 4.6 cm. (Nota: Actualmente se encuentra exhibida en la sala 2. El mundo religioso en el Museo Amparo, Puebla, México. Tomado de <https://museoamparo.com/coleccion/pieza/456/figura-femenina>).

Se realizaron dos procedimientos complementarios y comparativos:

A. Fotogrametría digital

Se obtuvieron aproximadamente 86 imágenes del objeto (dimensiones estimadas entre 0 y 100 cm) mediante una cámara réflex semiprofesional Canon EOS Rebel T7[®] de 24 MP (sensor CMOS de 1”, obturador mecánico 1/2000 y electrónico 1/8000, apertura f/2.8–f/16, 60 FPS). Las fotografías fueron procesadas en Agisoft Metashape[®] para su alineación, la reconstrucción de la nube densa y la generación de la malla poligonal, a partir de la cual se produjo un modelo tridimensional texturizado. Posteriormente, el archivo fue refinado en Autodesk Meshmixer[®] para eliminar artefactos, ruidos de fondo e imperfecciones. El modelo final se exportó en formato OBJ (*Ver Tabla 1*).

Tabla 1. Residuales de proceso de fotogrametría de caso de estudio.

Modelo OBJ - Geometría 3D	Modelo STL Estereolitografía	Texturas Objeto
		

B. Modelado manual

Se utilizó una “*Masa moldeadora de secado al aire libre*” título de patente propia número de registro ante el IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial) 412728, año 2024. Primeramente se prepara una cantidad de masa suficiente para aplicar la primera capa sobre una estructura o esqueleto previamente conformado con alambre de aluminio flexible de diferentes calibres y anclado a una base de madera. El grosor de la capa es de aproximadamente 1 cm para evitar desprendimientos y se deja secar 24 horas.

Se aplica posteriormente una segunda capa de igual grosor, modelando manualmente durante las primeras 12 horas dejando otro periodo de 24 horas para secado.

Como último paso se añaden las siguientes capas faltantes, modelando hasta llegar al volumen y forma deseada (*Ver Figura 2*).

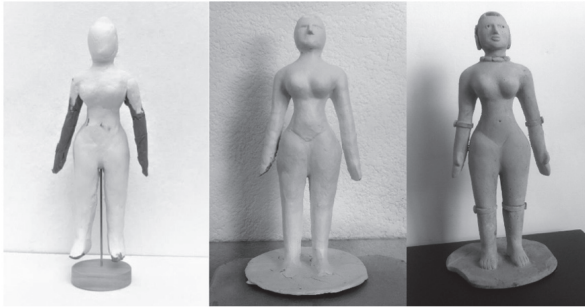


Figura 2. Proceso de elaboración de réplica modelado manual de figurilla femenina, región huasteca (*Nota:* Las medidas de la réplica son 32.5 x 12 x 5.5 cm utilizando fotografías de referencia de fuentes digitales diversas, principalmente del Museo Amparo).

Para darle el acabado final, se talla y se pule empleando herramientas manuales como espátulas, cuchillas, buriles, lijas, vaciadores, etc.

Finalmente se deja secar a temperatura ambiente durante una semana para lograr su resistencia final.

El proceso tuvo una duración aproximada de tres semanas, logrando un nivel de detalle medio con respecto al original (*Ver Figura 3*).



Figura 3. Resultado final del proceso de modelado manual de réplica escultórica cultura *prehispánica*.

Nota: Esta réplica, actualmente disponible en el Laboratorio de Estudios Visuales, Arte y Patrimonio del cuerpo académico de investigación “Arte, Teoría y Conservación del Patrimonio” de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, UAT, México, ha servido como material didáctico y medio de difusión entre docentes y estudiantes.

Criterios comparativos

Ambas réplicas fueron evaluadas según tres criterios fundamentales:

1. Fidelidad morfológica respecto al original
2. Durabilidad y resistencia del material
3. Valor educativo y museográfico para la transmisión del conocimiento patrimonial

Los resultados cualitativos, discutidos posteriormente, se orientan a valorar la complementariedad entre ambos métodos y su contribución al fortalecimiento de las estrategias de conservación y educación en el marco del INAH.

Resultados

La aplicación de ambos métodos de reproducción, fotogrametría digital y modelado manual, permitió contrastar no solo las diferencias técnicas entre procesos, sino también los alcances simbólicos y educativos que cada uno ofrece en el marco de la conservación patrimonial mesoamericana.

Desde una perspectiva técnica, la fotogrametría permitió obtener una réplica con alta fidelidad geométrica respecto del objeto original. El empleo de 86 imágenes con calibración cromática y control de resolución, procesadas en el software de reconstrucción tridi-

mensional Agisoft Metashape®, hizo posible generar una malla de alta precisión. En esta, los rasgos anatómicos y el pastillaje característico de la pieza huasteca se aprecian con claridad, especialmente en la definición de las texturas y en la delimitación de las líneas que conforman su superficie. Según Remondino y Rizzi (2021), la fotogrametría estructurada permite capturar detalles submilimétricos y reproducir modelos fieles a escala, lo que coincide con la experiencia aquí registrada. La réplica digital resultante presentó ventajas evidentes en reproducción con posibilidad de almacenamiento replicado digital y potencial de difusión, al ser fácilmente integrable en plataformas museísticas interactivas o entornos de realidad virtual.

Por contraste, el modelado manual con *masa moldeadora de secado al aire libre* produjo una réplica de textura más orgánica, con matices táctiles que evocan la materialidad original del barro cocido. Aunque su resistencia física es inferior a la del material impreso en polímeros, esta versión alcanzó un valor estético y educativo distintivo. Tal como se expone en la publicación *Museum for Touch: Towards Object Based Learning and Inclusive Practice*, las reproducciones manuales fomentan un vínculo sensorial y cognitivo con las piezas arqueológicas, lo que las hace idóneas para actividades didácticas o inclusivas en museos, especialmente en experiencias táctiles dirigidas a públicos con discapacidad visual (Reinhardt, 2024).

En términos comparativos, la réplica obtenida mediante fotogrametría sobresale por su precisión métrica, su reproducibilidad y su elevado potencial para la difusión digital. Esta última se entiende como la capacidad de comunicar y poner a disposición la información del objeto siempre que se cuente con los mismos recursos tecnológicos necesarios para visualizar y acceder al modelo en formato digital. Por su parte la réplica de modelado manual sobresalió por su capacidad expresiva y su adaptabilidad a contextos de enseñanza en procesos de divulgación sin necesidad de recursos adicionales para acceder a la misma. Esta dualidad coincide con las recomendaciones del INAH (2023), que promueve el uso de réplicas tanto como instrumentos de preservación preventiva –en sustitución de originales vulnerables– como recursos educativos y museográficos que fortalezcan el aprendizaje histórico y el sentido de apropiación cultural.

Desde una lectura interpretativa, la coexistencia de ambas réplicas materializa dos dimensiones complementarias del patrimonio: la científica y la humanística.

La réplica fotogramétrica, entendida como un archivo digital, garantiza la preservación y la replicabilidad técnica del objeto al conservar su información geométrica, volumétrica y cromática con alta fidelidad. Su carácter no invasivo minimiza riesgos de deterioro durante la documentación y permite generar modelos tridimensionales verificables que facilitan el análisis comparativo y el registro científico riguroso.

Además, ofrece ventajas relevantes para la gestión y la difusión del patrimonio: posibilita el acceso remoto a los modelos, reduce costos y tiempos frente a métodos tradicionales, y favorece la reutilización de los datos en investigación, restauración virtual, museografía digital y actividades educativas. Estas cualidades consolidan a la fotogrametría como una herramienta eficaz, económica y socialmente útil para la preservación y comunicación del patrimonio cultural.

La réplica manual, como un vehículo de interpretación cultural que reintroduce la mediación humana en el proceso de reconstrucción del pasado. En este sentido, la práctica

de replicar no se limita a la copia formal, sino que reproduce un conocimiento situado, vinculado con los modos de hacer, los valores estéticos y la sensibilidad artesanal de la región huasteca. La réplica manual funciona como un vehículo de interpretación cultural que reintroduce la mediación humana en el proceso de reconstrucción del pasado. En este sentido, la práctica de replicar no se limita a la copia formal, sino que también reproduce un conocimiento situado, vinculado con los modos de hacer, los valores estéticos y la sensibilidad artesanal de la región huasteca.

Asimismo, la elaboración manual de réplicas permite recuperar dimensiones sensoriales que suelen perderse en los procesos de documentación digital o en la observación exclusivamente visual. Entre ellas destacan la experiencia táctil, la percepción del peso, la volumetría, la textura y la escala real del objeto, elementos que favorecen una interacción más completa con la pieza en su formato original. Estas cualidades sensoriales no sólo enriquecen la comprensión material del objeto, sino que también contribuyen a una aproximación más integral a su significado cultural y a las prácticas que le dieron origen.

Los resultados también evidencian el papel central de los museos como mediadores de estas tecnologías. Instituciones afiliadas al INAH han comenzado a integrar exhibiciones híbridas, con modelos 3D interactivos y réplicas físicas accesibles, que promueven un aprendizaje multisensorial y refuerzan la conservación de los originales (INAH, 2023; UNESCO, 2021). Este enfoque, sustentado en la convergencia entre ciencia y arte, demuestra que las réplicas escultóricas pueden funcionar como agentes activos de preservación y comunicación cultural, permitiendo que la experiencia patrimonial se democratice sin comprometer la autenticidad de los bienes arqueológicos.

Discusión

Los resultados obtenidos permiten reflexionar sobre la relevancia contemporánea de las réplicas escultóricas como instrumentos de mediación cultural y educativa, más allá de su función técnica de preservación. La práctica de replicar, ya sea por medios digitales o manuales, se inscribe dentro de un marco más amplio de políticas patrimoniales orientadas a la sostenibilidad cultural, tal como promueven organismos internacionales y nacionales, entre ellos el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y la UNESCO.

Desde el plano institucional, el INAH reconoce que la reproducción de bienes arqueológicos constituye una herramienta de protección frente al deterioro físico de los originales, pero también un medio para democratizar el acceso al patrimonio y fortalecer la educación museística (INAH, 2023). En este sentido, la réplica, ya sea física o virtual, adquiere una doble naturaleza: actúa como respaldo documental y como recurso pedagógico, permitiendo que comunidades escolares, investigadores y público general interactúen con piezas de valor histórico sin poner en riesgo los materiales originales.

Sin embargo, la expansión de las tecnologías 3D en el ámbito patrimonial también plantea desafíos éticos y epistemológicos. Autores como (Kalay, Kvan y Affleck, 2007) subrayan que la digitalización cultural no puede concebirse como un proceso puramente técnico, sino como una práctica interpretativa que transforma las maneras de comprender y repre-

sentar los bienes patrimoniales. En el contexto mesoamericano, donde los objetos arqueológicos mantienen una carga ritual y simbólica vigente, la reproducción tridimensional requiere estrategias de consulta y participación comunitaria garantizando que los saberes locales se integren en la narrativa museográfica y digital.

A nivel educativo, las reproducciones escultóricas permiten reconfigurar la relación entre el público y el conocimiento arqueológico, al facilitar un acercamiento directo, táctil y experimental a piezas que de otro modo permanecerían inaccesibles. Diversos estudios han demostrado que la combinación de modelos digitales, exhibiciones inmersivas y modelos artesanales constituyen una estrategia eficaz para ampliar la comprensión del patrimonio cultural (Carfagni *et al.*, 2012). Experiencias como las desarrolladas en el Museo de Arte Oriental de Turín, donde se integran procesos de digitalización tridimensional con la producción de modelos físicos manipulables, evidencian que estas réplicas actúan como mediadores cognitivos que potencian la accesibilidad y la participación activa del visitante (Ronco, F., 2021). De forma similar, proyectos museográficos inclusivos que combinan réplicas táctiles, mapas digitales y narrativas multisensoriales han demostrado mejorar el vínculo emocional y la apropiación del conocimiento arqueológico por parte de públicos diversos, incluidos aquellos con discapacidad visual (Clini *et al.*, 2025). En el ámbito americano, iniciativas como las del Museo Chileno de Arte Precolombino que emplea réplicas y materiales táctiles para acercar artefactos prehispánicos a comunidades y contextos educativos, subrayan el potencial de estos recursos para enriquecer la interpretación del patrimonio indígena (Museo Chileno de Arte Precolombino, 2025).

Estas experiencias fomentan un aprendizaje multisensorial, estimulan la reflexión crítica sobre el pasado y refuerzan el vínculo emocional entre las comunidades y su herencia cultural. Además, la reproducción táctil o manual, como en el caso de estudio del modelado manual de la figurilla mujer huasteca, ofrece oportunidades inclusivas para públicos con discapacidad, contribuyendo a una educación patrimonial más equitativa pues al ser una réplica es posible el mayor acercamiento sin restricción a este tipo de objetos.

Por otro lado, la creciente accesibilidad a tecnologías de bajo costo, como la fotogrametría con software libre, impulsa una nueva ética de colaboración en la documentación del patrimonio. Estas herramientas promueven la creación de redes interdisciplinarias donde convergen arqueólogos, ingenieros, restauradores y diseñadores, generando ecosistemas de innovación cultural. Este modelo participativo es coherente con los principios de la UNESCO (2021) sobre la digitalización ética y la libre circulación del conocimiento patrimonial.

En términos conceptuales, la discusión sobre la autenticidad material se amplía a partir de la coexistencia de las réplicas digitales y manuales. Mientras las primeras garantizan la permanencia de la forma y la escala del objeto original, las segundas preservan su gestualidad, textura y sentido manual-artesanal. Ambas, en conjunto, conforman una simbiosis patrimonial donde lo tecnológico y lo humano no se oponen, sino que se complementan. Las réplicas deben entenderse no como simples sustitutos del original, sino como instrumentos interpretativos que capaces de potencializar la relación entre la cultura material, el conocimiento y la educación. Diversos manuales iberoamericanos de museología han señalado que, cuando los objetos originales no pueden ser manipulados o presentan restricciones de conservación, el uso de réplicas, maquetas y modelos táctiles constituyen

una herramienta fundamental de mediación, especialmente en contextos educativos y de accesibilidad (Observatorio de la Accesibilidad, s.f.; Ibermuseos, s.f.).

En México, instituciones especializadas como la ENCRyM y el INAH han destacado que los materiales hápticos y las réplicas facilitan la comprensión espacial y formal del patrimonio arqueológico, además de que favorecen la participación de públicos diversos al ofrecer experiencias sensoriales significativas (ENCRyM/INAH, 2024). De manera similar, en Chile, el *Museo Chileno de Arte Precolombino* ha demostrado que las réplicas y maquetas educativas permiten expandir el acceso al patrimonio y generar experiencias interpretativas que fortalecen la apropiación cultural y la inclusión en comunidades escolares y no especializadas (Museo Chileno de Arte Precolombino, 2025).

En conjunto, estas prácticas muestran que las réplicas, cuando se conciben como objetos desde la mediación y no desde la imitación, cumplen un rol activo en la interpretación del patrimonio, ampliando las posibilidades de aprendizaje y participación del público.

Desde la museografía educativa se ha comprobado que estas reproducciones contribuyen a fortalecer la apropiación del conocimiento patrimonial al activar procesos de exploración y memoria.

Finalmente, el papel de los museos dependientes del INAH es fundamental en este proceso. Su función educativa trasciende la mera exhibición para convertirse en un espacio de mediación cultural activa, donde las réplicas escultóricas del patrimonio mesoamericano posibilitan el diálogo entre investigación, conservación y comunidad. En los museos de sitio de zonas arqueológicas como El Tajín, Tamtoc o La Venta, las réplicas permiten ofrecer experiencias inmersivas sin exponer las piezas originales a condiciones ambientales adversas. Esto demuestra que la réplica, lejos de restar autenticidad al patrimonio, puede potenciar su valor simbólico y social, al facilitar su comprensión, su enseñanza y su transmisión intergeneracional.

Conclusiones

El análisis realizado confirma que las réplicas escultóricas, tanto digitales como manuales, se constituyen como herramientas esenciales en las estrategias contemporáneas de preservación y educación patrimonial en el ámbito mesoamericano. Su valor radica no únicamente en la posibilidad de conservar o documentar los objetos arqueológicos, sino en su capacidad de activar procesos de mediación cultural que vinculan a la ciencia, la pedagogía y la comunidad.

La fotogrametría digital, con su precisión y versatilidad, ofrece una vía sólida para la documentación tridimensional y la creación de archivos digitales de alta fidelidad. Permite además la generación de copias físicas mediante impresión 3D, así como la difusión del patrimonio en plataformas virtuales como repositorios, bibliotecas virtuales, bases de datos. En contraste, el modelado manual mantiene una dimensión artesanal, expresiva y sensible que conserva el vínculo material y humano con las prácticas tradicionales ancestrales. Ambos enfoques, lejos de ser opuestos, se complementan al integrar lo tecnológico con lo sensorial, lo reproducible con lo interpretativo.

El caso de estudio mostrado, la figurilla femenina región huasteca, ejemplifica esta convergencia: la réplica fotogramétrica garantiza la permanencia morfológica del original, mientras que la réplica manual conserva la materialidad y la textura propios de la manufactura manual y ancestral. A ello se suma la recuperación de dimensiones sensoriales del objeto material tales como el peso, la escala, la textura y la experiencia táctil, que sólo pueden experimentarse plenamente mediante la manipulación física, no accesible en espacios protegidos como los museos por razones obvias. Estos atributos amplían la comprensión material del objeto y favorecen una interacción más completa con su dimensión cultural y simbólica.

En conjunto, los dos tipos de réplica aportan conocimiento, preservación y accesibilidad, consolidándose como instrumentos de conservación preventiva y de educación museística. En este contexto, el INAH desempeña un papel regulador y formativo crucial al establecer lineamientos técnicos y éticos para la reproducción de bienes arqueológicos, asegurando que toda réplica, ya sea física o digital, respete la integridad simbólica del patrimonio y se utilice con fines científicos, educativos o expositivos (INAH, 2023).

Asimismo, los museos, tanto de sitio como nacionales, se consolidan como los principales escenarios para articular estas prácticas. Su función trasciende la exhibición: actúan como espacios de investigación aplicada, innovación tecnológica y participación ciudadana, donde las réplicas escultóricas permiten al visitante comprender el patrimonio desde una perspectiva sensorial, inclusiva y crítica. En ellos, la intersección entre materialidad y virtualidad fortalece el discurso museográfico y amplía el acceso al conocimiento arqueológico. Finalmente, la implementación responsable de tecnologías 3D y de métodos manuales de réplica requiere políticas públicas sostenibles, programas educativos y marcos éticos que involucren a comunidades, especialistas y autoridades culturales. Solo mediante esta integración de saberes será posible garantizar la preservación activa del patrimonio mesoamericano, entendida no como una práctica de conservación estática, sino como un proceso continuo de reinterpretación y transmisión cultural.

Notas

1. La repatriación digital de réplicas escultóricas es el proceso de devolver copias o sustitutos digitales del patrimonio cultural escultórico al país de origen, utilizando tecnologías como el escaneo e impresión 3D; y no implica la devolución física de la pieza original.

Referencias bibliográficas

Ávila Rodríguez, M., Delage González, I., Cisneros Álvarez, P., & López López, Y. (2025). La digitalización 3D del patrimonio cultural en museos: documentación, conservación, restauración, divulgación y didáctica. *Cuadernos De Arte De La Universidad De Granada*, 56, 193–213. <https://doi.org/10.30827/caug.v56.31199>

- Balletti, C., y Ballarin, M. (2019). Aplicación de tecnologías 3D integradas para réplicas en el patrimonio cultural. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8 (6), 285. <https://doi.org/10.3390/ijgi8060285>
- Carfagni, M., Furferi, R., Governi, L., Volpe, Y., Tennirelli, G. (2012). Representación táctil de pinturas: Una evaluación temprana de posibles estrategias informáticas. En: Ioannides, M., Fritsch, D., Leissner, J., Davies, R., Remondino, F., Caffo, R. (eds.) *Avances en la preservación del patrimonio cultural*. EuroMed 2012. Apuntes de clase en informática, vol. 7616. Springer, Berlín, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34234-9_26
- Clini, P., Nespeca, R., Ferretti, U., Galazzi, F. y Bernacchia, M. (2025). Participación inclusiva en museos: Narración multisensorial del viaje de los guerreros de Cagli y el paisaje de la Vía Flaminia mediante experiencias táctiles interactivas y réplicas digitales. *Heritage*, 8 (2), 61. <https://doi.org/10.3390/heritage8020061>
- De la Torre-Cantero, J., Saorín, J.L., Meier, C., Melián-Díaz, D., Drago-Díaz Alemán, M. (2015). Creación de réplicas de patrimonio escultórico mediante reconstrucción 3D e impresoras 3D de bajo coste para uso en entornos educativos. *Arte, Individuo y Sociedad*, 27(3), 429-446. http://dx.doi.org/10.5209/rev_ARIS.2015.v27.n3.45864
- ENCryM/INAH. (2024). *Materiales hápticos y recursos accesibles para museos y zonas arqueológicas*. Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía – Instituto Nacional de Antropología e Historia. <https://www.gob.mx/inah>
- Foundtech. (s.f.). *Fotogrametría y el Escaneo Digital en la Conservación del Patrimonio: INAH*. Foundtech. Recuperado de: <https://foundtech.me/>
- Ibermuseos. (s.f.). *Guía de accesibilidad en museos iberoamericanos*. Programa Ibermuseos. <https://www.ibermuseos.org>
- ICOM. (2002). *Código de Ética para Museos* (versión en español). ICOM. <https://icom.museum/es/recursos/normas-y-directrices/codigo-de-deontologia/>
- INAH. (2023). *Lineamientos para la reproducción, documentación y digitalización de bienes arqueológicos*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. <https://www.inah.gob.mx>
- Jiménez-Badillo, D. (Ed.). (2021). *Patrimonio digital : métodos computacionales y medios interactivos para estudiar y divulgar el patrimonio cultural*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia. <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/libro%3A853>
- Kalay, Y. E., Kvan, T., & Affleck, J. (Eds.). (2007). *New heritage: New media and cultural heritage*. Routledge. <https://www.routledge.com/New-Heritage-New-Media-and-Cultural-Heritage/Kalay-Kvan-Affleck/p/book/9780415773560>
- Molero Alonso, B., Barba, S. y Álvaro Tordesillas, A. (2016). Documentación del patrimonio cultural. Método basado en la fusión de técnicas fotogramétricas y de escaneo óptico de triangulación. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 21(28), 236–245. <https://doi.org/10.4995/ega.2016.6308>
- Museo Amparo. (s.f.). *El México antiguo. Salas de arte prehispánico. Museo Amparo*. Recuperado de: <https://museoamparo.com/coleccion/pieza/456/figura-femenina>
- Museo Chileno de Arte Precolombino. (2025). *Réplicas: la mediación en el centro del museo*. <https://museo.precolombino.cl/replicas-la-mediacion-en-el-centro-del-museo/>

- Observatorio de la Accesibilidad. (s.f.). *Accesibilidad en museos: Manual de buenas prácticas*. Fundación ONCE / Real Patronato sobre Discapacidad. <https://observatoriodelaaccesibilidad.com>
- Ramos Sánchez, JA, Cruz Franco, PA, y Rueda Márquez de la Plata, A. (2022). Logrando la Accesibilidad Universal mediante la Virtualización Remota y la Digitalización de Elementos Arqueológicos Complejos: Un Estudio Gráfico y Constructivo de los *Columbarios* de Mérida. *Teledetección*, 14, 3319. <https://doi.org/10.3390/rs14143319>
- Reinhardt, D. (2024). *Museum for Touch: Towards Object Based Learning and Inclusive Practice* [Informe/presentación].
- Remondino, F., Rizzi, A. (2010). Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites, techniques, problems, and examples. *Appl Geomat* 2, 85–100. <https://doi.org/10.1007/s12518-010-0025-x>
- Rissolo, D., McAvoy, S., Barba Meinecke, H., Moyes, H., Meacham, S., Fortin, J., Devos, F. y Kuester, F. (2024). Un enfoque multimodal para la documentación y visualización rápida de cuevas arqueológicas en Quintana Roo, México. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, Vol. XLVIII (2), 349–354. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-2024-349-2024>
- Ronco, F. (2021). Digital technologies applied to the accessible management of museums. The first experiments carried out at the Museum of Oriental Art of Turin. *EGE Revista De Expresión Gráfica En La Edificación*, (14), 49–61. <https://doi.org/10.4995/ege.2021.15661>
- Ruiz-Gómez, Lorea-Ariadna. (2018). El museo virtual en América Latina. *Cuadernos hispanoamericanos*. Núm. 814, 40-55. https://www.researchgate.net/publication/344439035_El_museo_virtual_en_America_Latina#fullTextFileContent
- Shim, H., Choi, S., Lee, W., Rii, HU y Kim, S.(2025). CIPA 2025 Seúl Conservación del patrimonio a partir de datos. De la documentación digital a la conservación del patrimonio basada en datos: Prefacio. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-M-9-2025, 1–2, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-1-2025>
- UNESCO. (2021). *Ethical principles for the digitalization of cultural heritage*. Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org>
- Wessels, S., Maape, S., Schoville, B.J. & Wilkins, J. (2022). El dron, la serpiente y el cristal: Manifestando potencia en réplicas digitales 3D de patrimonio vivo y lugares arqueológicos. *Journal of the World Archaeological Congress*, Vol.(19), 395–429. <https://doi.org/10.1007/s11759-022-09460-3>

Abstract: Sculptural replicas, both physical and digital, have become a strategic tool for the preservation, research, and dissemination of Mesoamerican cultural heritage. Faced with threats such as environmental erosion, archaeological looting, and mass tourism, the controlled reproduction of sculptures and monuments enables the safeguarding of original artefacts through their conservation in museum environments, while ensuring the continuity of their visual and symbolic presence at archaeological sites. In recent years, the development of three-dimensional documentation technologies, including photogram-

metry and laser scanning, together with 3D printing in durable materials, has significantly enhanced the accuracy and longevity of replicas. These innovations have coincided with greater regulatory clarity in countries such as Mexico, where the National Institute of Anthropology and History (INAH) strictly regulates the reproduction of archaeological assets. Furthermore, open-access digital platforms have contributed to the democratisation of heritage knowledge. Nevertheless, ethical debates concerning authenticity, community participation, and cultural rights remain unresolved.

An applied case study is presented: the reproduction of a Huastec female figure from the Classic Period (AD 200-900) through two complementary approaches, offering a concrete example of how the integration of digital and traditional methods can enrich heritage conservation and dissemination strategies.

This article examines the role of sculptural replicas within contemporary conservation policies relating to the cultural heritage of the ancient cultures of Mesoamerica, highlighting their interdisciplinary relevance and future challenges. It concludes that sculptural replicas should not be understood merely as material copies, but as educational and museological cultural resources that actively contribute to heritage preservation.

Keywords: Sculptural replica - Mesoamerican cultural heritage - Museums - Preventive conservation - Photogrammetry - 3D modelling - Manual modelling - Heritage ethics - INAH - UNESCO

Resumo: As réplicas escultóricas, tanto físicas quanto digitais, tornaram-se uma ferramenta estratégica para a preservação, a pesquisa e a difusão do patrimônio cultural mesoamericano. Diante de ameaças como a erosão ambiental, o saque arqueológico e o turismo de massa, a reprodução controlada de esculturas e monumentos permite salvaguardar os originais por meio de sua conservação em ambientes museográficos, ao mesmo tempo em que assegura a continuidade de sua experiência visual e simbólica nos sítios arqueológicos. Nos últimos anos, o desenvolvimento de tecnologias de documentação tridimensional, como a fotogrametria e o escaneamento a laser, aliado à impressão 3D em materiais resistentes, ampliou significativamente a precisão e a durabilidade das réplicas. Essas inovações coincidiram com uma maior clareza normativa em países como o México, onde o Instituto Nacional de Antropologia e História (INAH) regula rigorosamente a reprodução de bens arqueológicos. Além disso, plataformas digitais de acesso aberto têm impulsionado a democratização do conhecimento patrimonial. Contudo, persistem debates éticos relacionados à autenticidade, à participação comunitária e aos direitos culturais.

Apresenta-se um estudo de caso aplicado: a reprodução de uma figura feminina huasteca do Período Clássico (200-900 d.C.) por meio de duas abordagens complementares, oferecendo um exemplo concreto de como a integração de métodos digitais e tradicionais pode enriquecer as estratégias de conservação e difusão patrimonial.

Este artigo examina o papel das réplicas escultóricas nas políticas contemporâneas de conservação do patrimônio cultural relacionado às antigas culturas da Mesoamérica, destacando sua relevância interdisciplinar e seus desafios futuros. Conclui-se que as réplicas escultóricas não devem ser compreendidas apenas como simples cópias materiais, mas

como recursos culturales de naturaleza didáctica e museológica que promueven activamente a preservação do patrimônio.

Palavras-chave: Réplica escultórica - Patrimônio cultural mesoamericano - Museus - Conservação preventiva - Fotogrametria - Modelagem 3D - Modelagem manual - Ética patrimonial - INAH - UNESCO

^(*) **Lorena Gertrudis Valle Chavarría**, Licenciatura en Diseño Gráfico, Facultad de Artes Plásticas, Universidad Nacional Autónoma de México (1985). Máster europeo en Conservación y Gestión de los Bienes Culturales Universidad de Salamanca, España (2003); Doctora en Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico-Artístico, Universidad Politécnica de Valencia, España (2006).

Directora de la Escuela de Diseño, Universidad del Noreste, Tampico, Tam. (1990).

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1 (2023-2027), Perfil-PRODEP (2023-2026). Medalla al Mérito Académico y Profesor Extraordinario UAT. (2021).

Líder del *Cuerpo Académico grado Consolidado* (2024-2029) "Arte, Teoría y Conservación del Patrimonio" (CA-UAT-145). Creación de Laboratorio de Estudios Visuales, Arte y Patrimonio, FADU-UAT, (2022).

Miembro Red Cultura Gráfica RED-CG Latinoamericana; Seminario Interdisciplinario Bibliología; Red de investigación Diseño UP, Rede Cariniana de Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). Miembro del Comité Editorial Revista Rimarina, Evaluador externo Universidad de Coahuila, Evaluador CONAHCYT y PRODEP. Patente "masa moldeadora de secado al aire libre" TÍTULO DE PATENTE No. 412728, Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (2024).

Responsable técnico en proyectos de investigación, publicaciones en revistas de calidad indizadas, capítulos de libro. Participación congresos nacionales e internacionales. Línea de investigación en conservación del patrimonio histórico-artístico.

^(**) **Carlos Eric Berumen Rodríguez**, Licenciatura en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (1999); Máster europeo en Conservación y Gestión de los Bienes Culturales Universidad de Salamanca, España (2003); Doctor en Conservación y Restauración del Patrimonio Histórico-Artístico, Universidad Politécnica de Valencia, España (2006).

Maestro Extraordinario (2020) y medalla al Mérito académico (2021) Universidad Autónoma de Tamaulipas. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1 (2023-2027), Perfil-PRODEP (2021-2024).

Miembro fundador del *Cuerpo Académico grado Consolidado* (2024-2029) "Arte, Teoría y Conservación del Patrimonio" (CA-UAT-145). Creación de Laboratorio de Estudios Visuales, Arte y Patrimonio, FADU-UAT. (2022). Miembro Red Cultura Gráfica RED-CG Latinoamericana; Seminario Interdisciplinario Bibliología; Red de investigación Diseño UP, Rede Cariniana de Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

(IBICT). Miembro del Comité Editorial Revista Rimarina, Evaluador externo Universidad de Coahuila, Evaluador CONAHCYT y PRODEP.

Patente “masa moldeadora de secado al aire libre” TÍTULO DE PATENTE No. 412728, Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (2024).

Colaborador de proyectos de investigación, publicaciones en revistas de calidad indizadas, capítulos de libro. Participación congresos nacionales e internacionales. Línea de investigación en conservación y gestión del patrimonio cultural y arquitectónico.

^(***) **David Alonso Leija Román**, es licenciado en Ciencias de la Comunicación por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, con másteres en Dirección de Comunicación Empresarial e Institucional por la Universidad Autónoma de Barcelona y en Gestión de Contenidos Digitales. Obtuvo su doctorado en Información y Documentación en la Sociedad del Conocimiento en la misma universidad. Entre 1997 y 2011, trabajó en diversos medios de comunicación y agencias publicitarias como editor, publicista creativo y documentalista audiovisual. Desde 2000, ha sido docente en la Universidad Autónoma de Tamaulipas, enfocándose en diseño gráfico y gestión de la información. Desde 2012, su carrera se orientó hacia la investigación académica, con énfasis en la gestión, arquitectura y preservación digital de contenidos culturales y patrimoniales. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) de Conacyt, del Grupo de Preservación Digital UNAM y de la Biblioteca y Hemeroteca Nacional de México. Además, preside desde 2017 la Asociación Iberoamericana de Preservación Digital (APREDIG), dedicada a promover la importancia de la preservación digital.