

# La fotogrametría digital como técnica para el diagnóstico del estado de conservación de los monumentos pétreos de Izapa, Chiapas, México



Alejandro J. Uriarte Torres

<https://orcid.org/0000-0001-8130-7087>

Dirección de Estudios Arqueológicos, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Lic. Verdad 3, (CP 06060), Cuauhtémoc, Centro Histórico de Ciudad de México, México. E-mail: alejandro\_uriarte@inah.gob.mx

Ivonne A. Pérez Alcántara

<https://orcid.org/0000-0003-0982-4041>

Centro INAH San Luis Potosí, Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Mariano Arista 933 (CP 78250), Tequisquiapan, San Luis Potosí, México. E-mail: ivonne\_perez@inah.gob.mx

Recibido: 17 de febrero de 2024

Aceptado: 4 de julio de 2024

## Resumen

El diagnóstico del estado en el que se encuentran los monumentos arqueológicos es una tarea fundamental para emprender cualquier acción de conservación. Esto requiere implementar métodos de registro adecuados y precisos para poder identificar las afectaciones presentes en los monumentos, así como los factores de deterioro que los generan. En este sentido, los avances tecnológicos de la fotogrametría digital, con la posibilidad de generar modelos tridimensionales, se han convertido en una herramienta importante para estudiar el registro arqueológico. En el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de la fotogrametría digital como herramienta auxiliar para diagnosticar el estado de conservación de los monumentos pétreos del sitio arqueológico de Izapa. El sitio es un asentamiento de primer orden en la región del Soconusco (Chiapas, México) y que posee el mayor corpus escultórico dentro del "estilo Izapa", el cual formó parte importante del desarrollo del discurso de legitimación de los grupos de élite del Preclásico tardío (300 a.C.-250 d.C.), en el sureste de Mesoamérica.

**PALABRAS CLAVE:** Mesoamérica; Soconusco; Registro arqueológico tridimensional; Biodeterioro

## Digital photogrammetry as a technique for diagnosing the conservation status of stone monuments from Izapa, Chiapas, México

### Abstract

Diagnosing the conservation status of archaeological monuments is a fundamental task prior to undertaking any preservation action. This requires implementing appropriate

and precise registration methods to identify the damage suffered by the monuments, as well as the deterioration factors that caused them. Technological advances in digital photogrammetry, with the possibility of creating three-dimensional models, have become an important tool to study the archaeological record. In this paper, we present the results of using digital photogrammetry as an auxiliary tool to diagnose the conservation status of the stone monuments from the archaeological site of Izapa. The site is a settlement of the first order in the Soconusco region (Chiapas, México) and has the largest sculptural record representative of the "Izapa style". This sculptural style was an important piece in the development of the elites' legitimization discourse from the Late Preclassic period (300 BC-250 A.D.) in southeastern Mesoamerica.

KEYWORDS: Mesoamérica; Soconusco; 3D Archaeological record; Biodegradation

---

## Introducción

En el desarrollo de las labores relativas a la conservación de los monumentos arqueológicos muebles o inmuebles, el diagnóstico preciso de sus condiciones es una tarea indispensable que antecede a la implementación de cualquier intervención que se pretenda llevar a cabo sobre los bienes culturales. En este sentido, las técnicas de registro arqueológico digitales son herramientas de gran importancia para la valoración del estado de conservación de los monumentos arqueológicos y la identificación de sus factores de deterioro. Una de estas técnicas es la fotogrametría, que cobra cada vez mayor relevancia en las tareas de conservación del patrimonio arqueológico, porque permite la generación de modelos tridimensionales de alta resolución a bajo costo, la gestión de datos, el análisis de la información y la evaluación de deterioros a distancia (Andreu Pintado y Serrano Basterra, 2019, 2020; Calvo-Serrano et al., 2022; Carrera-Pazos y Espinosa-Espinosa, 2018; Magnani et al., 2020; Raco, 2023). Además, facilita la construcción de mapas de daños que condensan de manera gráfica la ubicación y extensión de las patologías en los monumentos (Sánchez López, 2021).

En el caso de la arqueología mexicana, el uso de la fotogrametría se enfoca principalmente en la documentación gráfica de artefactos y contextos de excavación (Dueñas, 2014; Kabata et al., 2016), manifestaciones rupestres (García, 2017, 2020), arquitectura (Cruzalta, 2016; Gilabert-Sansalvador et al., 2020; Lucet, 2017; Martínez, 2016), prospección arqueológica remota y cartografía digital (Acosta et al., 2017; Domínguez et al., 2015, 2017). Sin embargo, no se tienen publicaciones sobre la implementación de esta técnica para el diagnóstico de patologías y evaluación del estado de conservación de bienes arqueológicos, ya sean objetos individuales o inmuebles, que permitan discutir acerca del alcance y potencial de la fotogrametría en ese ámbito, aunque sí se han desarrollado trabajos aplicados a monumentos históricos (Orenday et al., 2019; Sánchez López, 2021). El uso de la fotogrametría en los trabajos de diagnóstico de conservación abre la posibilidad a tener no sólo con un registro gráfico de alta resolución de los monumentos arqueológicos y sus patologías, sino también a contar con una herramienta analítica en gabinete para definir la extensión y cuantificación de las afectaciones en superficie y generar mapas de daños que sirvan como base para determinar tanto los factores de deterioro, como las acciones de intervención a corto, mediano y largo plazo.

El sitio arqueológico de Izapa (Chiapas, México) es reconocido por la presencia de un corpus de monumentos pétreos lisos y labrados con un estilo distintivo, que manifiesta la ideología y ritualidad asociada al ejercicio del poder político de las sociedades de la

costa del Pacífico sur de Mesoamérica durante el Preclásico tardío (350 a.C.-250 d.C.) (Guernsey, 2006; Lowe et al., 1982; Norman, 1976; Quirarte, 1973, 2007; Rosenswig, 2019; Smith, 1984). Todos los monumentos tienen afectaciones que comprometen su integridad, resultado de la exposición prolongada al entorno tropical que caracteriza el piedemonte de la Cordillera Centroamericana, en donde se ubica Izapa. Durante las temporadas 2017-2019 y 2021 del Proyecto Investigación y Conservación de Izapa (PICI) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), se realizó el diagnóstico del estado de conservación de los monumentos ubicados en el Grupo F de Izapa, considerando una metodología en dos niveles. El primero de ellos, consistió en la inspección física del corpus para identificar y describir las diferentes patologías. El segundo nivel implicó la generación de modelos 3D con el objetivo de generar mapas de daños por ejemplar, que permitieran estimar el área de afectación por cada una de las patologías reconocidas y proponer una valoración cualitativa del estado de conservación de los monumentos. En el presente trabajo se exponen la metodología empleada, los resultados obtenidos y se discute sobre el alcance de la fotogrametría como herramienta auxiliar para la elaboración de diagnósticos de conservación en monumentos arqueológicos.

## Izapa y sus monumentos pétreos

El sitio arqueológico de Izapa se localiza en el sureste del estado mexicano de Chiapas, dentro de la región conocida históricamente como el Soconusco (Figura 1). Se trata de un asentamiento dispuesto en el piedemonte de la planicie costera del Pacífico chiapaneco, en las estribaciones de la Cordillera Centroamericana. Su patrón de asentamiento se caracteriza por un área nuclear ordenada en torno a ocho conjuntos distribuidos sobre un área de 200 ha (Grupos A-H), consistentes en plazas delimitadas por construcciones monumentales con una arquitectura mixta de núcleos y acabados térreos, y una mampostería de cantos rodados de origen ígneo. En torno a estos conjuntos se observa una ocupación dispersa con estructuras de probable carácter residencial (Figura 2) (Clark y Lee, 2013; Lowe et al., 1982; Pérez y Uriarte, 2022; Rosenswig, 2019, 2021; Rosenswig et al., 2012, 2013, 2015).

Izapa tuvo una prolongada secuencia ocupacional que inició durante el Preclásico temprano (ca. 1800 a.C.) (Ekholm, 1969; Lowe et al., 1982, 2013). Entre los períodos Preclásico medio (700-350 a.C.) y Preclásico tardío (350-50 a.C.), el asentamiento creció y se consolidó como la cabecera de una entidad política con un territorio de por lo menos 450 km<sup>2</sup> (Lowe et al., 1982, 2013; Rosenswig, 2019). No obstante, hacia el período Protoclásico (50 a.C.-250 d.C.), la mayor parte de los conjuntos monumentales fueron abandonados a excepción del Grupo F, el cual se constituyó como el área cívico-ritual de Izapa desde el Clásico temprano (250-600 d.C.), hasta el abandono final del sitio en algún momento entre el Clásico tardío (600-900 d.C.) y el Posclásico temprano (900-1200 d.C.) (Lowe et al., 1982; Rosenswig, 2019; Rosenswig y Mendelsohn, 2016).

Uno de los elementos distintivos de Izapa consiste en la presencia de un amplio corpus de 280 monumentos pétreos datados entre el Preclásico medio y tardío. Estos fueron manufacturados en rocas ígneas de origen local como las andesitas, basalto y tobas, aunque se tiene un ejemplar elaborado con un material foráneo como el granito (Clark y Lee, 2013; Lowe et al., 1982). Lowe y coautores (1982) clasificaron los monumentos en términos formales dentro de cuatro categorías: estelas, altares, tronos y misceláneos (Figura 3).<sup>1</sup> La mayor parte de los monumentos se desplegaron sobre la superficie de las

<sup>1</sup> Esta clase incluyen elementos escultóricos con características formales y funciones variables, como esculturas de bulto, recipientes pétreos, secciones de canales para la circulación de agua, pilastras y

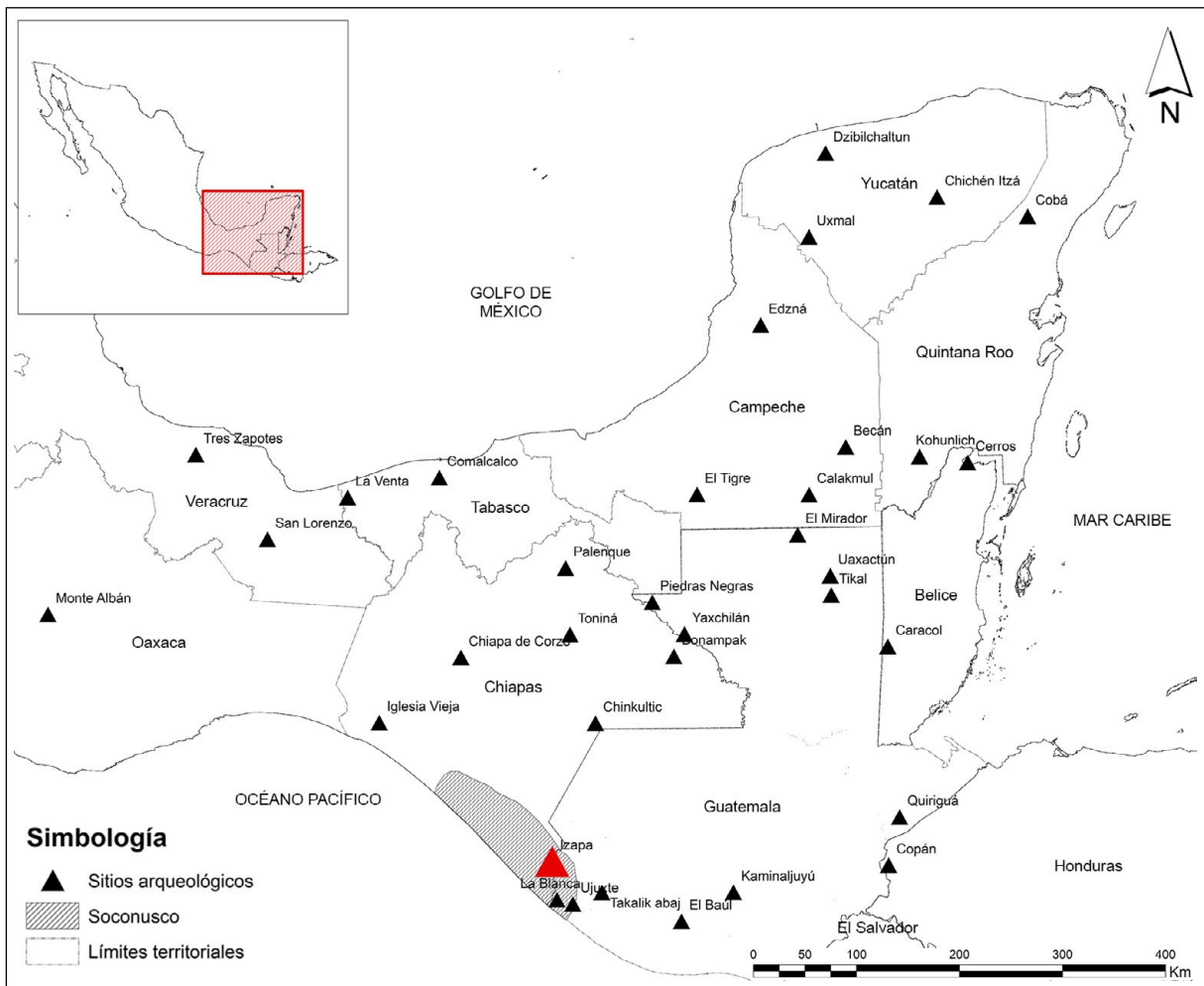


Figura 1. Ubicación de Izapa y la región del Soconusco.

plazas y, en menor medida, sobre los edificios que las circundan, formando asociaciones entre las que destacan los pares estela-altar (Clark y Lee, 2013; Lowe et al., 1982).

Entre los monumentos destacan aquellos que presentan bajorrelieves en un estilo particular, denominado "Izapa" (Guernsey, 2006, p. 71; Lowe et al., 1982; Quirarte, 1973, 2007; Norman, 1976; Smith, 1984), al cual se han adscrito monumentos reconocidos en el centro de Veracruz, el Istmo de Tehuantepec, la costa del Pacífico sur de Chiapas y Guatemala, así como de los Altos de Guatemala, entre los que se encuentran Kaminaljuyú, Takalik Abaj, El Baúl y Ujuxté, con dataciones que se extienden entre el Preclásico tardío y el Clásico temprano (300 a.C.-400 d.C.) (Guernsey, 2006; Inomata y Henderson, 2016; Rosenswig, 2019). En el caso de Izapa, las escenas plasmadas en estos monumentos muestran la interacción entre una pluralidad de personajes, humanos y no humanos, que probablemente remiten a sucesos míticos cuya actualización constante por medio de la práctica ritual fue una de las obligaciones de los gobernantes en Mesoamérica (Figura 3A) (Freidel et al., 1999; Guernsey, 2006; Olivier, 2008). En cuanto a los monumentos lisos, que son los más numerosos del corpus de Izapa, es probable que también compartieran funciones dentro del ritual político, ya que cuentan con arreglos y disposición similares dentro del espacio cívico-ritual del asentamiento (Clark y Lee, 2013; Lowe et al., 1982).

elementos esféricos.

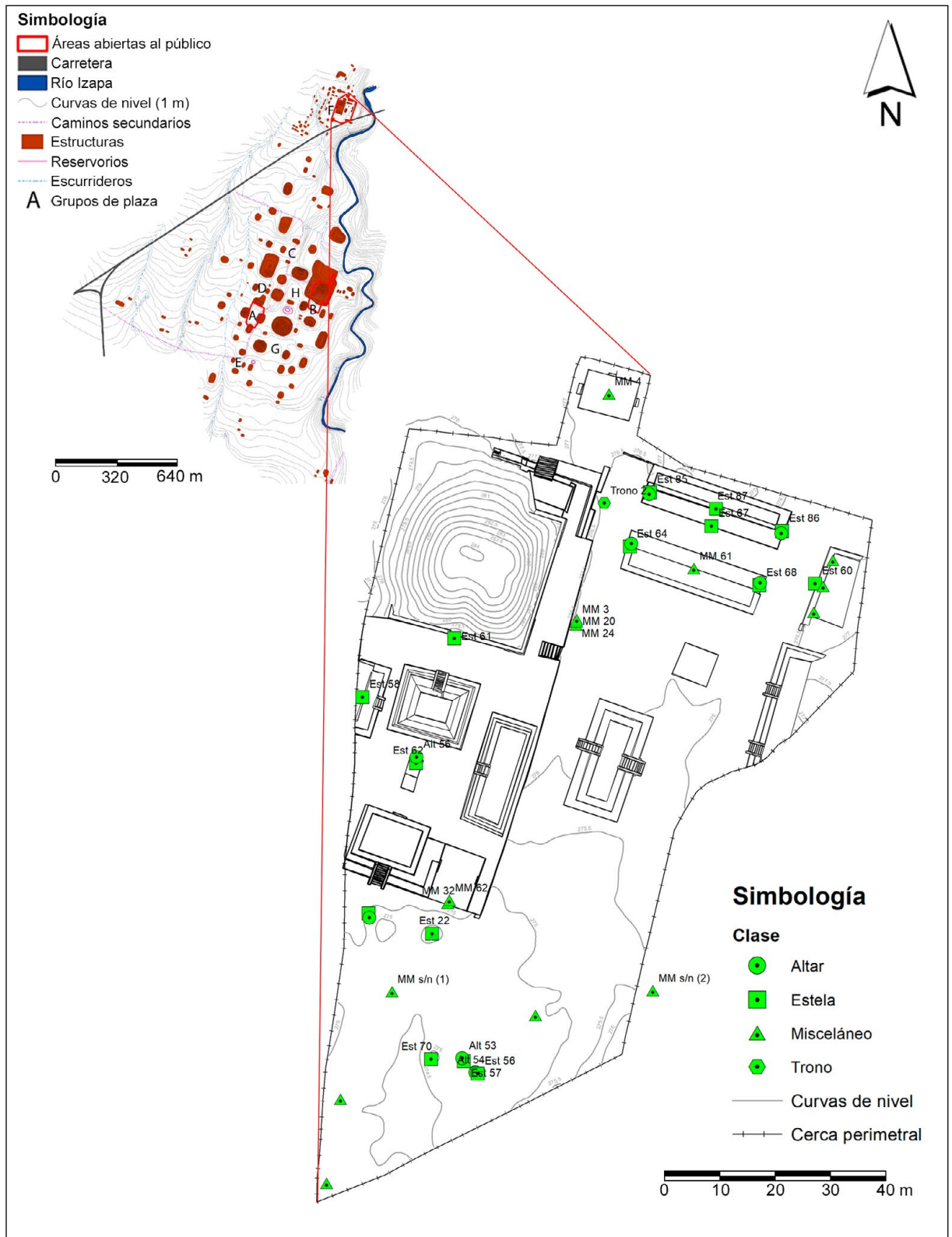


Figura 2. Zona arqueológica de Izapa con ubicación del área abierta al público en el Grupo F y los monumentos diagnosticados (modificado de Lowe et al., 1982).

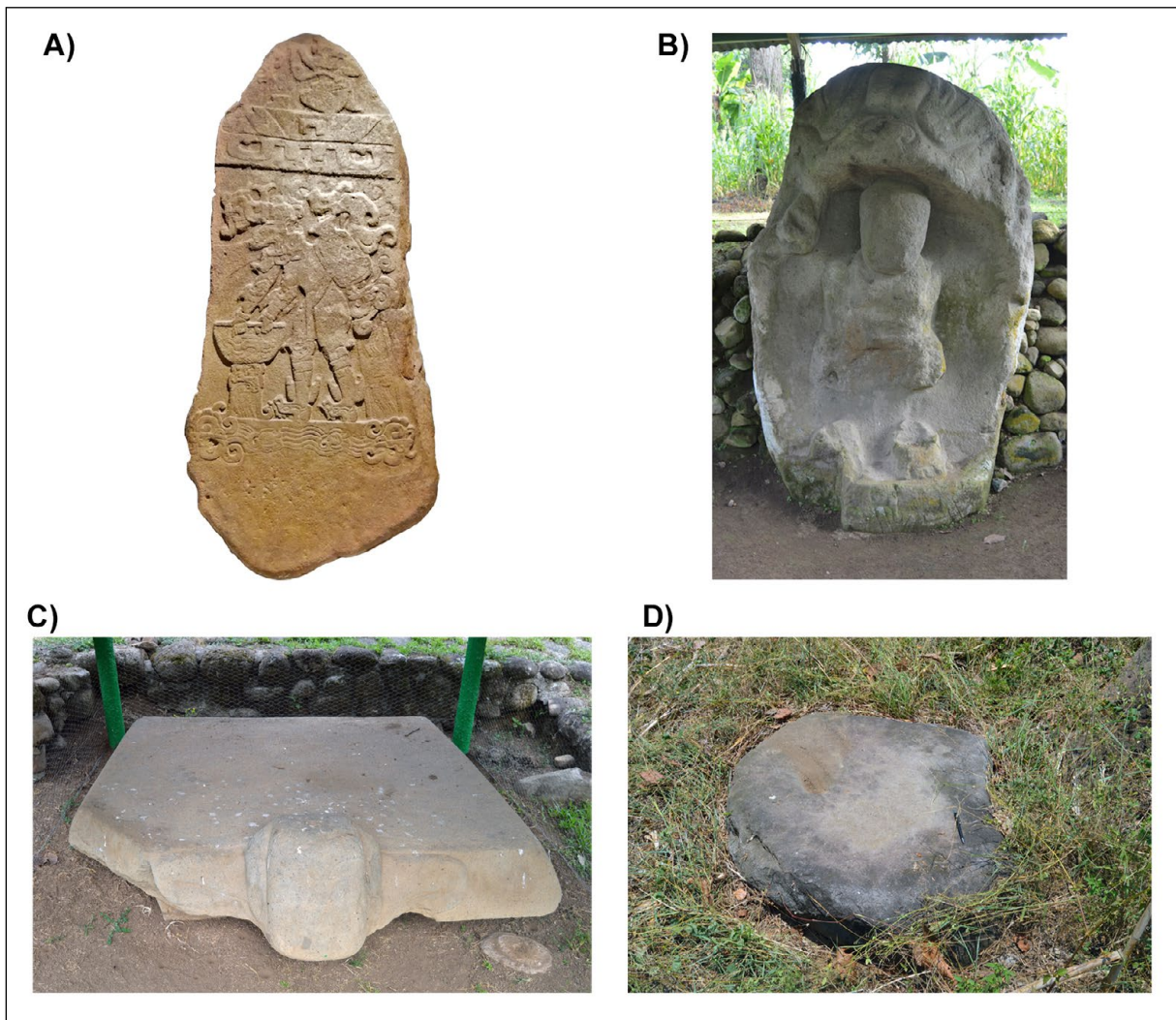


Figura 3. Monumentos pétreos de Izapa. Referencias: A) Estela 1 expuesto en el Museo Nacional de Antropología e Historia; B) Monumento misceláneo 2 expuesto en el Grupo B; C) Trono 2 expuesto en el Grupo F; D) Altar liso dentro de campo de cultivo en el Grupo H.

### **Condiciones generales del estado de la conservación de los monumentos pétreos en Izapa**

Los procesos posabandono del sitio Izapa promovieron que los monumentos pétreos quedasen total o parcialmente enterrados por sedimentos. En 1941, Stirling (1943) inició el proceso de excavación y documentación del corpus. Por otro lado, las intervenciones en 1960 por parte de la *New World Archaeological Foundation* (NWA), vinculada a la *Brigham Young University*, ampliaron el registro identificando 253 monumentos que incluyeron 89 estelas, 90 altares, tres tronos y 71 monumentos misceláneos (Lowe et al., 1982; Norman, 1976). Posteriores trabajos arqueológicos en el sitio recuperaron varios monumentos que incrementaron el corpus de Izapa (v.g. Argote et al., 2024; Gómez y Grazioso, 1997; Lowe et al., 1982, p. 105; Uriarte et al., 2020, pp. 15-16). De igual forma, las actividades de construcción moderna liberaron otros ejemplares del sitio arqueológico, que están bajo resguardo en las áreas abiertas al público (Lowe et al., 1982; Gómez, 1995, 1996). La mayoría de los monumentos se encontraron *in situ*, si bien algunos fueron reutilizados como materiales constructivos o reubicados dentro del asentamiento para períodos tardíos (Lowe et al., 1982). De la misma manera, otros ejemplares presentaron muescas en su superficie que desfiguraron las imágenes labradas, probablemente como

actos desacralización posteriores al abandono de los grupos monumentales de Izapa (Clark y Lee, 2013, p. 125; Clark y Moreno, 2007, pp. 286-287; Lowe et al., 1982, p. 89).

A partir de las exploraciones realizadas por la NWAf, los monumentos pétreos quedaron expuestos. Algunos con escenas labradas fueron trasladados al Museo Nacional de Antropología en la Ciudad de México (Figura 3A), el Museo del Soconusco, en Tapachula (Chiapas) y el Museo Regional de Chiapas, en Tuxtla Gutiérrez (Lowe et al., 1982, p. 89). Estas piezas presentan un buen estado de conservación, con el claro reconocimiento de sus escenas en bajorrelieve. Un segundo grupo se encuentra en las áreas abiertas al público de los Grupos A, B y F, en donde la NWAf los colocó directo sobre el suelo para su visita y apreciación (Figuras 3B y 3C) (Lowe et al., 1982, pp. 79-80). Como parte de los esfuerzos para su protección se les colocaron cubiertas con techos de lámina galvanizada. Sin embargo, este procedimiento provocó microambientes y concentraciones diferenciales de humedad, además de promover que las aves de corral de la comunidad aprovecharan su sombra, dejando sus desechos sobre los monumentos. Un tercer grupo son aquellos monumentos situados en otros conjuntos arquitectónicos del sitio, que en la actualidad son solares domésticos o parcelas agrícolas privadas de la población conocida como Segunda Sección de Izapa. Éstos se encuentran en riesgo de pérdida total o parcial por los efectos de las actividades antrópicas y agropecuarias de la población moderna (Figura 3D) (Uriarte y Pérez, 2018).

La variabilidad de las condiciones en las que se encuentran los monumentos de Izapa produce afectaciones diferenciales que requerían de análisis para establecer procedimientos y tiempos para su atención acordes a cada situación. Ello motivó la necesidad de realizar un diagnóstico del estado de conservación definiendo las principales patologías, su extensión y localización dentro de la pieza, con el objetivo de reconocer los factores que las producen y así establecer futuros mecanismos de intervención. En una primera etapa se decidió atender aquellos monumentos pétreos situados en el área abierta al público del Grupo F, por su accesibilidad, la buena disposición del personal de custodia para realizar los trabajos y porque se contaba con una colección que incluyó ejemplares de todas las clases formales. Las actividades realizadas implicaron la documentación de las afectaciones en campo y la evaluación en gabinete de la extensión y frecuencia de las patologías reconocidas, con el auxilio de modelos tridimensionales para generar mapas de daños.

El Grupo F se ubica al norte del asentamiento de Izapa. Consistió en una amplia plaza de planta rectangular delimitada por diferentes estructuras y hacia el este, por el río Izapa. El Grupo F tuvo una ocupación desde el Protoclásico (50 a.C.-250 d.C.) y hacia el Clásico temprano (ca. 200 d.C.) fue el área nuclear del sitio (Lowe et al., 1982; Rosenswig y Mendelsohn, 2016). Aunque este conjunto es de mayores dimensiones, sólo 1,02 ha se encuentran abiertas al público con la presencia de 41 monumentos pétreos. De esta colección, se seleccionó una muestra de 27 ejemplares que incluyen las cuatro categorías formales propuestas por Lowe y coautores (1982): tres altares, catorce estelas, un trono y nueve monumentos misceláneos (Figura 2).

## Metodología

El diagnóstico de conservación de los monumentos pétreos del Grupo F implicó una metodología que incluyó la inspección física y el reconocimiento de las patologías en campo, el levantamiento fotográfico y la creación de modelos tridimensionales mediante su procesamiento fotogramétrico, y finalmente la elaboración de mapas de daños, los cuales constituyen una herramienta de análisis que permite presentar de forma gráfica y sintética la distribución y extensión de patologías sobre bienes culturales (Lucena Tinoco, 2009, p. 4) (Figura 4).

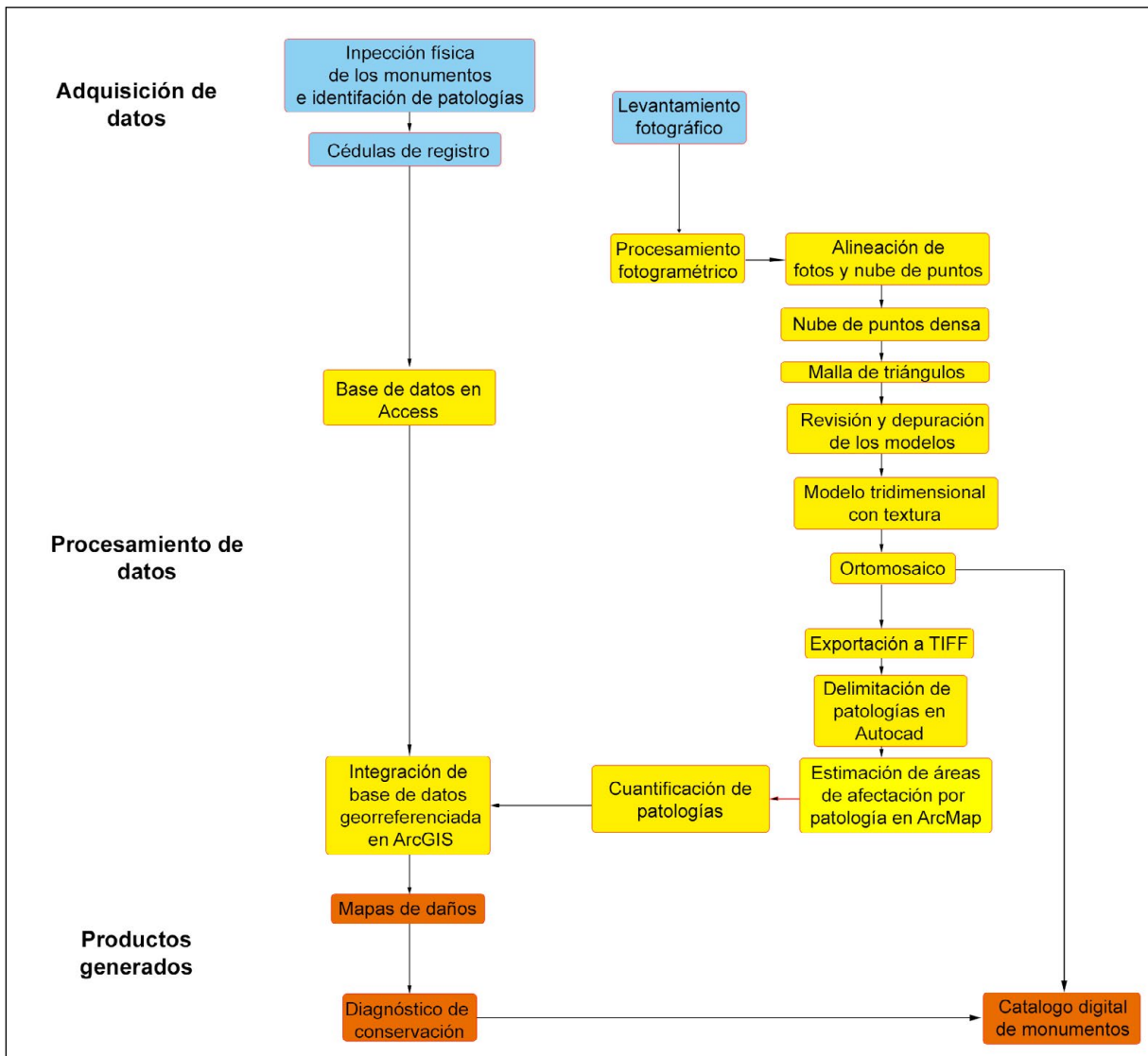


Figura 4. Flujo de trabajo para el diagnóstico de los monumentos pétreos del Grupo F de Izapa.

### **Inspección física y reconocimiento de patologías de los monumentos pétreos del Grupo F de Izapa**

Se efectuó en campo la inspección física de los 27 monumentos pétreos, que consistió en la identificación y descripción de tres patologías medio ambientales (erosión, sales y microorganismos) y cuatro antrópicas (vandalismo, pintura, desechos de fauna doméstica y falta de mantenimiento). Para gestionar la información obtenida, se elaboró una cédula de registro que consignó los siguientes datos: identificador único, clase formal del monumento, dimensiones (ancho, largo y grosor), presencia/ausencia de cubierta, estado de conservación de la cubierta, patologías y descripción, probables factores de deterioro, estimación cualitativa del estado de conservación (bueno, malo o regular) y plazo de intervención (corto, mediano y largo plazo). Cada cédula se acompañó del plano de ubicación de los monumentos. La información recabada en las cédulas se incorporó en el programa Access, para su posterior vinculación en ArcGIS 10.8. Esta plataforma permitió crear y administrar un sistema de información geográfica, el cual facilita la gestión de bases de datos referenciadas espacialmente y que pueden visualizarse cartográficamente (Wheatly y Gillings, 2002). Así, la información recabada



sobre las patologías de cada monumento en esta base de datos georreferenciada se relacionó con la información espacial generada por el PICI, incluyendo la distribución de los monumentos del Grupo F (Uriarte et al., 2019), lo que proporcionó las herramientas cartográficas para la posterior generación de mapas de daños.

### **Levantamiento y procesamiento fotogramétrico de los monumentos pétreos de Izapa**

Para la elaboración de modelos tridimensionales, se empleó la técnica denominada *Structure from Motion (SfM)* o estructura desde el movimiento. Ésta consiste en el procesamiento y restitución tridimensional de una escena de manera automatizada mediante programas informáticos, empleando para ello imágenes móviles adquiridas sin la necesidad de contar con puntos de control fijos o requerir un equipo fotográfico especializado (Charquero, 2016; Eltner y Sofia, 2020; Micheletti et al., 2015). El principal requisito para la aplicación de esta técnica consiste en la obtención de una serie de fotografías de las superficies a registrar lo suficientemente amplias, de tal manera que se incluya la mayor parte de sus ángulos de cobertura. En el caso de Izapa, la aplicación de esta técnica tuvo como objetivo crear modelos tridimensionales ortorrectificados de los monumentos pétreos del Grupo F, que auxiliaran en la documentación de su estado de conservación. Esto considerando que, por su calidad, precisión y la posibilidad de su manipulación dentro de un entorno informático, permiten obtener un nivel de visualización adecuado de los detalles de los monumentos.

Las fotografías de la muestra se tomaron con una cámara Nikon D7100, que cuenta con un sensor CMOS a resolución de 24 megapíxeles y un lente de AF-S Nikkor 18-140 mm f/3.5-5.6G ED VR, en modo automático, de forma convergente, a una distancia de entre 1 m y 2 m desde el monumento, y con un grado de traslape del 70%. En el caso de los monumentos con cubiertas, éstas se retiraron para evitar áreas con exceso de sombra, buscando en todo momento, una iluminación homogénea (Figura 5A). Sin embargo, no siempre fue posible debido a que, en ciertas horas del día, tanto los árboles cercanos como los postes de las techumbres generaron sombras, razón por la cual se utilizó un rebotador de luz de 0,80 m de diámetro (Figura 5B). En otros momentos, el exceso de iluminación obligó al uso de una sombrilla de playa de 1,00 m de diámetro para lograr tomas adecuadas para el procesamiento. Asimismo, se colocó un flexómetro en la base de los monumentos como escala de referencia para la ortorrectificación de los modelos 3D. Cada levantamiento tomó en promedio una hora, variando conforme a las dimensiones del monumento y las condiciones lumínicas. Al concluir este procedimiento, se obtuvieron un total de 2.261 fotografías de los monumentos, las cuales fueron revisadas en gabinete para descartar aquellas que no fuesen lo suficientemente nítidas o que se encontraran sobreexpuestas o subexpuestas.

Para el procesamiento informático se empleó el software *Agisoft Metashape Professional 1.6.1*. Los modelos 3D se generaron en un equipo HP Spectre X360, con un procesador Intel® Core™ i7-7500U (2.7GHz), Quad Core Processor, con una tarjeta Intel HD Graphics 620. En el caso de los monumentos registrados se realizaron los siguientes procedimientos por cada uno de los ejemplares dentro del flujo de trabajo provisto por el programa *Agisoft Metashape 1.5.2*.

1. Alineación de las series fotográficas de cada monumento en precisión alta para generar una nube de puntos preliminar que permitió evaluar la idoneidad de los insumos utilizados para la generación de los modelos tridimensionales. En ocasiones, este proceso llevó a depurar algunas de las tomas en las cuales no se pudo establecer su posición relativa. Asimismo, considerando la disposición del monumento, se enmascararon las áreas no deseadas como muros de soporte, el nivel de suelo o la vegetación, para excluirlas de los procedimientos subsecuentes (Figura 5C).

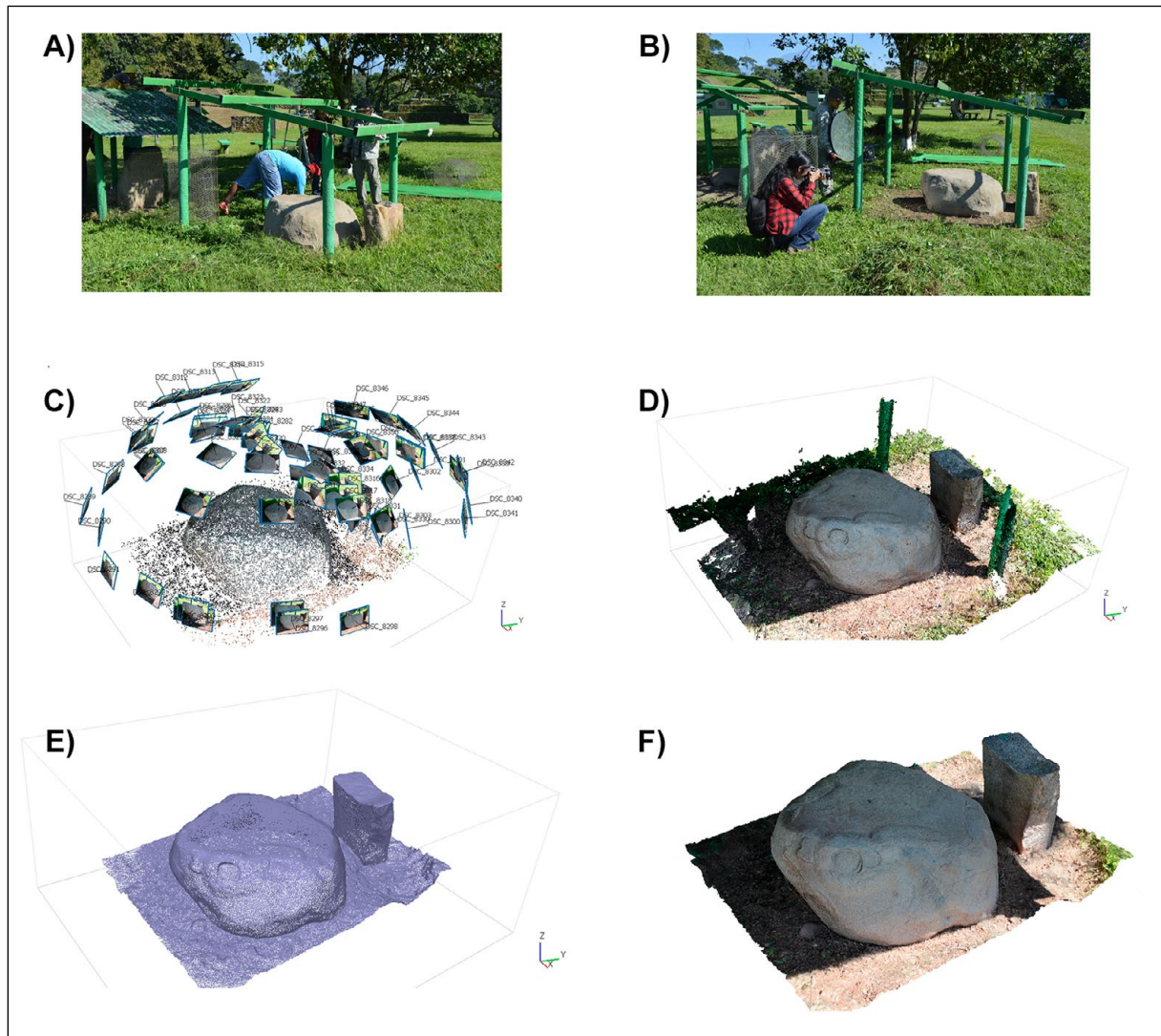


Figura 5. Levantamiento y procesamiento fotogramétrico de la Estela 56 y el Altar 54. Referencias: A) preparación y limpieza del área de trabajo; B) levantamiento fotográfico en campo; C) alineación de series fotográfica y nube de puntos; D) nube de puntos densa; E) malla de triángulos; F) modelo 3D con textura.

2. Creación de una nube de puntos densa, con una calidad variable que se estableció considerando las cualidades de los monumentos. En el caso de los monumentos que presentaron superficies con bajorrelieves, se optó por una calidad de media a alta dependiendo de la complejidad de las escenas representadas. Por otro lado, los ejemplares lisos fueron procesados en calidad media con la finalidad de optimizar los tiempos de su procesamiento. En todos los casos, cada nube de puntos se revisó cuidadosamente para detectar errores de interpretación en los modelos tridimensionales, depurándolos de forma manual (Figura 5D). Esto permitió contar con modelos útiles para los fines de diagnóstico, pero también contar con un conjunto documental de los monumentos labrados disponible para análisis posteriores de su iconografía y para divulgación.
3. Generación de una malla de con alrededor de dos millones de triángulos a partir de la nube densa en calidad alta, representando toda la superficie de cada monumento, para facilitar la lectura y manejo de los modelos tridimensionales. Cada modelo se revisó para evitar la presencia de protuberancias producto de puntos no depurados

adecuadamente en el proceso previo. En estos casos, se realizó la limpieza manual de la nube de puntos, realizando de nueva cuenta la creación de la malla (Figura 5E).

4. Reconstrucción tridimensional de los monumentos con textura fotográfica, otorgando color y mayor detalle a las superficies de cada monumento (Figura 5F).
5. Por último, se rectificó y escaló el modelo tridimensional como ortomosaico, empleando como punto de referencia el flexómetro colocado durante el levantamiento fotográfico en campo.

La serie fotográfica de cada monumento se procesó sin modificaciones previas, como máscaras o correcciones de luminosidad y color. En promedio, se procesaron 55 imágenes con un tiempo de trabajo de cerca de 12 horas por modelo: cinco horas de trabajo de depuración y siete horas de procesamiento final.

### ***Cuantificación de patologías y elaboración de mapas de daños a partir de los modelos tridimensionales digitales***

Sobre los modelos tridimensionales ortorrectificados de los 27 monumentos pétreos del Grupo F se delimitaron las diferentes patologías reconocidas durante los trabajos de campo y se cuantificó el área y porcentaje de afectación de cada una de ellas, con base en el siguiente flujo de trabajo:

1. Se exportaron los modelos 3D a formato PDF para su manejo tridimensional con escala correcta, lo que permitió contar con un catálogo digital que permitirá, mediante su actualización periódica, el seguimiento a la evolución de las afectaciones.
2. Se exportaron las imágenes a formato TIFF con una resolución de 300 ppp de cada una de las vistas de los monumentos pétreos: frontal, dorsal, laterales y superior.
3. Se incorporaron las imágenes TIFF de cada vista por monumento al programa *AutoCAD 2019*. Las capacidades gráficas de este programa facilitaron la revisión de los detalles de la superficie de los monumentos en distintas escalas. Así se ubicaron las áreas que manifestaban alguna de las patologías documentadas, por ejemplo, crecimiento de microorganismos, erosión, eflorescencias, huellas de actividades antrópicas, faunísticas o de flora. En esta tarea resultó fundamental la información vertida en las bases de datos, puesto que, en algunas ocasiones, se requirió la revisión de las descripciones y fotografías originales para obtener resultados con mayor grado de certeza.
4. Las superficies de afectación por patología en cada monumento se delimitaron en *AutoCAD 2019*, de manera vectorial con polígonos a escala 1:1 (Figura 6A).
5. Los datos vectoriales obtenidos se integraron dentro del programa *ArcMap 10.8* para estimar el área de la patología y, además, contar con su información espacial. Para ello, se crearon capas de afectación por ejemplar, con un campo específico para almacenar su extensión. Posteriormente, se empleó la herramienta "calcular geometría" dentro de la tabla de contenido, lo cual permitió obtener el área total en cada una de sus caras (Figura 6B). Concluido este proceso, la información se vinculó con la base de datos resultante de la inspección física de los monumentos y con la cartografía del Grupo F. De esta forma, se conformó una base de datos georreferenciada en la que se relacionaron, para cada monumento, la descripción de las patologías con los probables factores de deterioro que los originan, su extensión y ubicación dentro del conjunto arquitectónico, facilitando la consulta de la información.

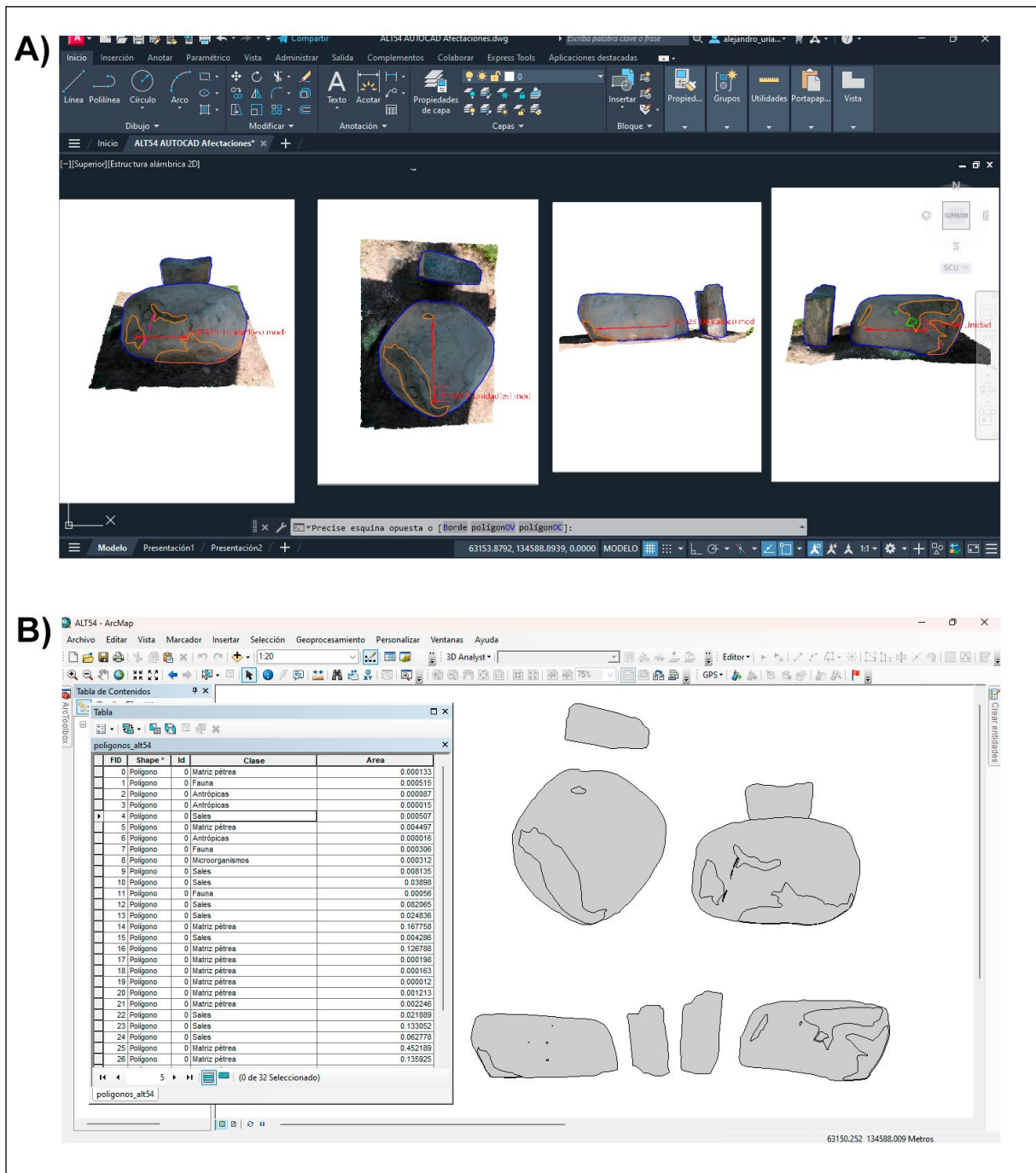


Figura 6. Proceso de cuantificación de las patologías en el Altar 54. Referencias: A) delimitación de las patologías; B) estimación de áreas de afectación.

6. Con la información recabada se generaron mapas de daños por cada monumento, considerando las herramientas cartográficas de ArcMap 10.8. Así, a partir de la información incorporadas en la base de datos, se generó una composición cartográfica que mostró las patologías presentes y las áreas afectadas para cada una de las vistas de los ejemplares muestreados (Figura 7).

La metodología descrita permitió elaborar el diagnóstico de conservación de los monumentos considerando los datos cualitativos, como la identificación de patologías y probables factores de deterioro, y cuantitativos, como la extensión total de la superficie

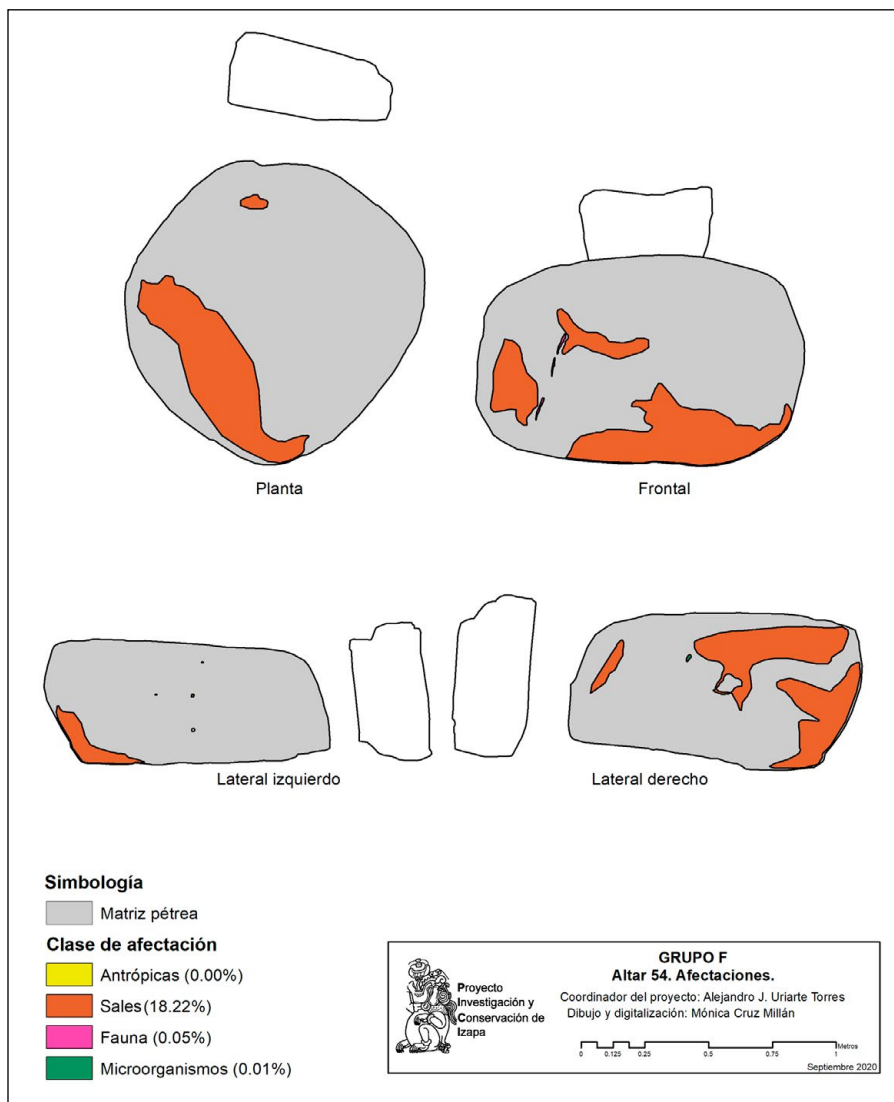


Figura 7. Mapa de daños señalando las patologías presentes en el Altar 54.

afectada. De la misma manera, tanto la base de datos, como los mapas de daños permitieron el registro sincrónico de las afectaciones, al tiempo que la recurrencia de estos trabajos y registros, darán la pauta para la evaluación de los deterioros de manera histórica.

## Resultados del diagnóstico de conservación de los monumentos del Grupo F

En la inspección visual se reconocieron siete patologías promovidas por dos factores de deterioro. Uno de tipo medioambiental, vinculado con afectaciones por la proliferación de microorganismos, la formación de sales y la erosión por intemperismo. El segundo, de carácter antrópico, asociado con la presencia de vandalismo, salpicaduras de pintura por trabajos de mantenimiento de las techumbres, afectaciones en superficie de los monumentos consecuencia de aves de corral libres en el área abierta al público del Grupo F y aumento en la humedad superficial resultado del crecimiento de vegetación por falta de barbecho constante (Tablas 1 y 2). Por su parte, los mapas de daños

Monumento	Factores medioambientales de deterioro			
	Erosión	Sales	Microorganismos	Superficie afectada
Altar 53		X	X	26,45%
Altar 54		X	X	18,23%
Altar 56			X	63,14%
Estela 22	X	X	X	41,04%
Estela 56		X	X	32,31%
Estela 57		X	X	11,82%
Estela 58			X	67,40%
Estela 60	X	X	X	37,62%
Estela 61			X	45,17%
Estela 62			X	69,52%
Estela 64			X	98,88%
Estela 67		X	X	12,22%
Estela 68			X	94%
Estela 70		X	X	31,99%
Estela 85			X	40,90%
Estela 86			X	30,01%
Estela 87	X		X	69,83%
Trono 2		X	X	8,80%
Misceláneo 3	X	X	X	8,44%
Misceláneo 4			X	72,29%
Misceláneo 20		X	X	32,65%
Misceláneo 24			X	16,86%
Misceláneo 32	X		X	5,80%
Misceláneo 61			X	67,61%
Misceláneo 62	X		X	45,72%
Misceláneo s/n (1)*			X	71,12%
Misceláneo s/n (2)*	X	X	X	30,88%

Tabla 1. Factores medioambientales de deterioro, afectaciones ocasionadas y porcentaje de superficie dañada en los monumentos pétreos del Grupo F (\*=monumentos resguardados en el Grupo F sin asignación de número en la colección del sitio).

obtenidos a partir de los modelos tridimensionales mostraron la extensión de las patologías sobre las superficies de los monumentos y, en consecuencia, permitieron valorar la relevancia de las afectaciones.

### Patologías por factores medioambientales de deterioro

La patología ocasionada con mayor frecuencia por factores medioambientales de deterioro fue la proliferación de microorganismos como hongos y líquenes sobre los soportes pétreos, presente en el total de los monumentos diagnosticados (Tabla 1). Esta afectación se distinguió tanto en la inspección visual como en los modelos tridimensionales, ya que ocasiona un cambio de coloración que, dependiendo de la especie colonizadora<sup>2</sup>, varía del pardo-negrusco al blanco. Los mapas de daños generados indican que esta patología afectó, en promedio, el 34,7% de las superficies de los monumentos. Sin embargo, en algunos casos el daño es tan severo que, como

2 Se han identificado al menos 16 especies de microorganismos sobre la matriz pétreo (Uriarte et al., 2019).

Monumento	Factores antrópicos de deterioro				
	Vandalismo	Pintura	Excrementos de fauna	Vegetación en superficie	Superficie afectada
Altar 53				X	0,04%
Altar 54			X		0,05%
Altar 56			X	X	1,53%
Estela 22			X		0,38%
Estela 56		X	X		0,72%
Estela 57			X	X	0,37%
Estela 58	X			X	1,87%
Estela 60			X		0,24%
Estela 61			X	X	0,86%
Estela 62			X		0,04%
Estela 64				X	0,98%
Estela 67			X		0,04%
Estela 68				X	2%
Estela 70					0,00%
Estela 85					0,00%
Estela 86				X	1,16%
Estela 87					0,00%
Trono 2			X	X	1,18%
Misceláneo 3			X		0,07%
Misceláneo 4			X	X	0,52%
Misceláneo 20			X	X	0,81%
Misceláneo 24		X	X		0,05%
Misceláneo 32			X		0,23%
Misceláneo 61				X	0,32%
Misceláneo 62				X	10,08%
Misceláneo s/n (1)*					0,00%
Misceláneo s/n (2)*					0,00%

Tabla 2. Factores antrópicos de deterioro, afectaciones ocasionadas y porcentaje de superficie dañada en los monumentos pétreos del Grupo F.

en la Estela 64 (un monumento sin talla), el 98,88% de su superficie está afectada. En otros monumentos, como en la Estela 58, impiden la apreciación de los bajorrelieves (Figura 7A-C). Las observaciones en campo permitieron proponer como probable origen de esta afectación, el exceso de humedad resultado del mal drenaje por cambios en la nivelación de la plaza. Los trabajos de restauración realizados por la NWF modificaron el nivel general de la plaza, lo que promovió áreas (Lowe et al., 1982) de anegación durante la temporada de lluvias, que requieren de atención para mitigar los daños por esta patología. La gravedad de la presencia de microorganismos radica en que éstos promueven procesos de biodeterioro químico que contribuyen a la desintegración de la matriz pétreo (Warcheid y Braams, 2000).

La segunda patología con mayor ocurrencia en los monumentos fue la concentración de sales, presente en el 44,44% de los ejemplares revisados. Ésta se identificó por los halos blanquecinos ubicados en la parte inferior de los monumentos. Las sales reconocidas en estas eflorescencias corresponden a sulfatos y, en menor medida, a cloruros y nitratos (Uriarte et al., 2019, pp. 95-96). Conforme a lo observado durante el diagnóstico, la cristalización de las sales se deriva de procesos constantes de

disolución y evaporación de la humedad superficial, probablemente adquirida por capilaridad desde el suelo. Los mapas de daños mostraron que, en promedio, las sales afectan el 13,55% de las superficies de los monumentos. En los casos más severos, cubren hasta el 25,84% del área total, como en el caso la Estela 60. No atenderse el problema de saturación de sales puede derivar en daños como la laminación y disgregación de la matriz pétreo de los monumentos. Estos procesos son favorecidos por la alta porosidad de los materiales ígneos empleados como materias primas de los monumentos de Izapa, por la presión ejercida en su interior durante la cristalización de las sales (López-Arce, 2012).

El intemperismo, es decir, las alteraciones ocasionadas por la exposición de los monumentos a la temperatura y humedad regional, promueve la desintegración de la matriz pétreo por procesos físicos (exfoliación) y químicos (desintegración). En el caso de Izapa, se observó que uno de los efectos derivados del intemperismo es la erosión de las superficies. Los mapas de daños muestran que esta patología está presente en el 25,92% de los monumentos y se presentó, en promedio, en el 8,60% de las superficies de los ejemplares afectados. No obstante, en el caso más severo (Estela 22) la erosión se presentó hasta en un 37,76% de la cara posterior del ejemplar. De no atenderse esta patología, se corre el riesgo de la pérdida paulatina del soporte pétreo.

### **Patologías por factores antrópicos de deterioro**

El factor antrópico promovió cuatro clases de patologías (Tabla 2). La de mayor frecuencia se derivan de la presencia de aves de corral que deambulan libremente por el área abierta al público del Grupo F, como parte de las actividades agrícolas de la población actual (Uriarte y Pérez, 2018). Esto permite que sus excrementos se concentren sobre los monumentos como se observó en el 55,55% de la muestra. Si bien en los mapas de daños derivados de los modelos tridimensionales esta patología tuvo una extensión limitada, se trata de un problema recurrente y de larga duración en el sitio arqueológico. En consecuencia, esto puede resultar en una degradación paulatina del sustrato pétreo por procesos químicos, como la acidificación por la actividad bacteriana o la descomposición del ácido úrico presente en los excrementos por acción de microorganismos como los hongos (Dyer, 2017; Lemus-Espinoza et al., 2012).

Otra patología corresponde a los efectos de la falta de barbecho rutinario en áreas completas del Grupo F. Esto resulta en crecimiento desmedido de la vegetación, que motiva el aumento de la humedad de las superficies de los monumentos y facilita la acción de los factores de deterioro medioambientales. Durante los trabajos de campo, se documentó este problema en el 48,14% de los ejemplares de la muestra, en los que la vegetación potencia los daños reconocidos como el desarrollo de microorganismos y la formación de sales por concentración de humedad superficial. Esta patología sólo se cuantificó en los mapas de daños cuando se reconocieron brotes en los poros de los monumentos afectados.

En otros casos, la omisión de colocación de protección durante los trabajos de mantenimiento de las techumbres de los monumentos ocasionó salpicaduras de pintura acrílica en el 7,40% de la muestra, siendo la Estela 56 un caso ejemplar de esta afectación. Si bien las áreas con este daño son pocas, se requiere de intervenciones planificadas con materiales adecuados que permitan su eliminación sin poner en riesgo la integridad de los monumentos. Finalmente, se identificaron daños producto de vandalismo ocasionado por el turismo, el cual es patente en sólo el 3,70% de la muestra. Un caso indicativo se tuvo en la Estela 58, en donde se reconoció sobre su cara frontal un grafiti moderno por incisión.



Los resultados obtenidos, indican que el principal factor de deterioro de los monumentos pétreos fue el ambiental, siendo la humedad superficial y el intemperismo los que contribuyen a la aparición de las patologías identificadas. Por otro lado, los factores de deterioro antrópicos tuvieron un impacto menor, aunque señalan algunos de los problemas derivados de las actividades productivas contemporáneas, como la agricultura y el turismo que se desarrollan en el entorno de Izapa. Con base en los mapas de daños y el porcentaje de distribución de las patologías sobre la superficie de los monumentos analizados, se propone una escala de cuatro niveles para valorar su estado de conservación: bueno, regular, malo y muy malo (Tabla 3). Así, se consideró que los monumentos que presentan una superficie de afectación de entre el 6% y el 19% (n=7) poseen un buen estado de conservación, los que se sitúan entre el 26% y 47% (n=10) son aquellos con un estado regular, los que están entre el 55% y 73% (n=8) se encuentran en un mal estado y aquellos entre el 96% y 99% (n=2) cuentan con una muy mala conservación.

Monumento	Superficie afectada	Estado de conservación
Altar 53	26,49%	Regular
Altar 54	18,28%	Bueno
Altar 56	64,67%	Malo
Estela 22	41,42%	Regular
Estela 56	33,03%	Regular
Estela 57	12,19%	Bueno
Estela 58	69,27%	Malo
Estela 60	37,86%	Regular
Estela 61	46,03%	Regular
Estela 62	69,56%	Malo
Estela 64	99,86%	Muy malo
Estela 67	12,26%	Bueno
Estela 68	96,00%	Muy malo
Estela 70	31,99%	Regular
Estela 85	40,90%	Regular
Estela 86	31,17%	Regular
Estela 87	69,83%	Malo
Trono 2	9,98%	Bueno
Misceláneo 3	8,51%	Bueno
Misceláneo 4	72,81%	Malo
Misceláneo 20	33,46%	Regular
Misceláneo 24	16,96%	Bueno
Misceláneo 32	6,03%	Bueno
Misceláneo 61	67,93%	Malo
Misceláneo 62	55,80%	Malo
Misceláneo s/n (1)*	71,12%	Malo
Misceláneo s/n (2)*	30,88%	Regular

Tabla 3. Porcentaje total de superficie afectada y estado de conservación de los monumentos pétreos del Grupo F.

## Conclusiones

El conjunto de monumentos pétreos del Grupo F formó parte de una tradición escultórica desarrollada en el sur de Mesoamérica a finales del período Preclásico. La importancia de la iconografía representada y del arreglo de los soportes pétreos para la comprensión de los procesos de desarrollo de la complejidad social, lleva a la necesidad de realizar diagnósticos de conservación sistemáticos y periódicos que permitan establecer acciones para garantizar su pervivencia a largo plazo. El presente trabajo consistió en la evaluación de 27 monumentos pétreos del Grupo F a través de una metodología que combinó variables cualitativas y cuantitativas. El primer caso involucró el reconocimiento físico de las patologías, así como la descripción de sus características y su incorporación en bases de datos. El levantamiento fotográfico y su procesamiento fotogramétrico, con la generación de modelos tridimensionales ortorectificados, favorecieron el análisis de las afectaciones identificadas y permitieron establecer su distribución y área de daño en cada uno de los monumentos, lo que posibilitó estimar el porcentaje de superficie afectada por patología. Como resultado se obtuvieron mapas de daños con buena precisión, que fueron la base para plantear los factores de deterioro que los promueven y proponer una escala del estado de conservación de cada monumento. Con esta metodología se determinó que poco más de una tercera parte de los monumentos pétreos muestreados en el Grupo F (37,03%) presentan un estado de conservación de regular a muy malo, con deterioros que cubren entre el 55% y el 99% del total de sus superficies.

De esta manera, la fotogrametría permitió no sólo la obtención de modelos 3D de alta resolución de los monumentos del Grupo F de Izapa, sino que fungió como una herramienta analítica para estimar las superficies de afectación de las diferentes patologías y generar mapas de daños, los cuales tienen un doble carácter. Por un lado, representan el estado de conservación de los monumentos para un momento en el tiempo, es decir, son sincrónicos. Por otro, se convierten en potenciales documentos históricos al favorecer el seguimiento de las patologías en cuanto a extensión y ubicación sobre las superficies. Este doble carácter de los mapas de daños permite plantear programas de atención con acciones específicas sobre áreas urgentes, realizar el registro de los resultados y evaluar el comportamiento de los procedimientos de conservación ejecutados.

La fotogrametría como herramienta auxiliar para el diagnóstico de conservación, es un campo que aún no se explora lo suficiente y que tiene un gran potencial. Para ello, se requiere del establecimiento de metodologías o protocolos de obtención de la información para contar con registros sistemáticos con indicadores claros, que permitan su comparación a través del tiempo, con el objetivo de evaluar tanto las patologías como las acciones de conservación implementadas en diferentes períodos (cf. Lauro y Lombardo, 2023; Magnani et al., 2020). La generación de bases de datos alimentadas con los modelos fotogramétricos de diferentes períodos sería de gran ayuda para el seguimiento de las afectaciones, de los resultados de las intervenciones o incluso, del cambio en los factores de deterioro que promueven las patologías. La aplicación de esta metodología al resto del corpus escultórico albergado en los demás grupos abiertos al público en Izapa (Grupos A y B) permitirá ampliar el diagnóstico y aportará información para la elaboración de planes y acciones de conservación a mediano y largo plazo que garanticen la integridad de los monumentos pétreos.

## Agradecimientos

Los trabajos del Proyecto Investigación y Conservación de Izapa (PICI) se desarrollan con financiamiento público recibido por medio del Sistema Institucional de Proyectos

del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) (Folio 30398). El estudio presentado resultó de la colaboración entre el PICI y el Laboratorio de Imagen y Análisis Dimensional de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos del INAH bajo la responsabilidad del Lic. Ángel Mora y con la asesoría de la Arqlga. Marisela González Quiroz, a quienes agradecemos el invaluable apoyo brindado en campo y gabinete. De igual forma, agradecemos a los egresados universitarios Priscila Campos Almazán de la Escuela Nacional de Antropología e Historia, Javier Mendoza Pérez de la Universidad de Las Américas Puebla y Mónica Cruz Millán de la Universidad Autónoma del Estado de México, quienes colaboraron en distintas fases del trabajo de levantamiento y registro en campo, procesamiento fotogramétrico y análisis de los modelos tridimensionales. Agradecemos también a los revisores anónimos por las observaciones que contribuyeron a realizar la versión final de este trabajo.

## Referencias citadas

- » Acosta, G., McClung, E., Jiménez, G. y García, V. H. (2017). El empleo de fotogrametría mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT/dron) como herramientas de evaluación del patrimonio en riesgo: chinampas arqueológicas de Xochimilco. *Revista Española de Antropología Americana*, 47, 185-197. <https://doi.org/10.5209/REAA.61978>
- » Andreu Pintado, J. y Serrano Bastera, P. (2019). Utilidades de la fotogrametría digital 3D en la investigación epigráfica y en la transferencia social de sus resultados: el caso del Museo Virtual de Santa Criz de Eslava (Navarra). *Cuadernos del Marqués de San Adrián*, 11, 107-128.
- » Andreu Pintado, J. y Serrano Bastera, P. (2020). Epigrafía 3D: posibilidades de la digitalización de inscripciones romanas en el marco de la Epigrafía Digital. En V. R. Calvo, A. A. Martín, L. P. Pujol y M. G. Sánchez (Eds.), *Ex Baetica Romam. Homenaje a José Remesal Rodríguez* (pp. 975-1012). Barcelona: Universitat de Barcelona. <https://hdl.handle.net/10171/58877>
- » Argote, D. L., Cifuentes, G., Uriarte, A. J., Pérez, I. A. y López, P. A. (2024). Exploración geofísica para la identificación de elementos arquitectónicos enterrados en Izapa, Chiapas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 75(2), A111223. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2024v76n2a11122>
- » Calvo-Serrano, M. A., Ortiz-Cordero, R., Hidalgo-Fernandez, R. E., Mesas-Carrascosa, F. J., de Paula Montes-Tubío, F. y Triviño-Tarradas, P. (2022). Historical-graphical analysis and digital preservation of cultural heritage: case study of the baptismal font of the church of Santiago Apóstol in Montilla (Córdoba, Spain). *Heritage Science*, 10(1), 149. <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00782-7>
- » Carrero-Pazos, M. y Espinosa-Espinosa, D. (2018). Tailoring 3D modelling techniques for epigraphic texts restitution. Case studies in deteriorated roman inscriptions. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 10, e00079. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00079>
- » Charquero, A. M. (2016). Práctica y usos de la fotogrametría digital en Arqueología. *DAMA. Documentos de Arqueología y Patrimonio Histórico*, 1, 139-157. <http://hdl.handle.net/10045/59158>
- » Clark, J. E. y Lee, T. A. (2013). *Minor Excavations in Lower Izapa*. Provo: New World Archaeological Foundation, Brigham Young University.
- » Clark, J. E. y Moreno, A. (2007). Redrawing the Izapa Monuments. En L. S. Lowe & M. E. Pye (Eds.), *Archaeology, Art, and Ethnogenesis in Mesoamerican Prehistory: Papers in Honor of Gareth W. Lowe* (pp. 277-320). Provo: New World Archaeological Foundation, Brigham Young University.
- » Cruzalta, J. C. (2016). La virtualización del Templo de Ehécatl. Fotogrametría y visualización interactiva en tiempo real. En D. Jiménez-Badillo & M. Gándara (Eds.), *El patrimonio cultural y las tecnologías digitales. Experiencias recientes desde México* (pp. 182-201). México DF: Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) - Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONACYT).
- » Domínguez, C., Castañeda, L., Gutiérrez, G., Martínez, J. y Mena, A. (2015). Cantona a vuelo de pájaro. Drones y fotogrametría. *Arqueología. Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, 50, 224-229. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/arqueologia/article/view/10428> (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » Domínguez, C., Martínez, J., Castañeda, L. y Mena, A. (2017). Drones, fotogrametría y arqueología en México. Principios y ejemplos. *Arqueología. Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, 52, 187-215. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/arqueologia/article/view/11400> (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » Dueñas, M. d. J. (2014). *Registro arqueológico en 3D mediante la fotogrametría de rango corto* (Tesis de Licenciatura inédita). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- » Dyer, T. (2017). Deterioration of stone and concrete exposed to bird excreta - Examination of the role of glyoxylic acid. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 125, 125-141. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.09.002>
- » Ekholm, S. M. (1969). *Mound 30a and the Early Preclassic Ceramic Sequence of Izapa, Chiapas, Mexico*. Provo: New World Archaeological Foundation, Brigham Young University.

- » Eltner, A. y Sofía, G. (2020). Structure from motion photogrammetric technique. *Developments in Earth Surface Processes*, 23, 1-24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64177-9.00001-1>
- » Freidel, D., Schele, L. y Parker, J. (1999). *El Cosmos Maya. Tres mil años por la senda de los chamanes (Traducción de J. F. Santana)*. México DF: Fondo de Cultura Económica.
- » García, O. (2017). Fotogrametría y arte rupestre: el caso de la Cueva de los Músicos al sur del estado de Puebla. *Arqueología. Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, 53, 227-231. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/arqueologia/article/view/12134> (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » García, O. (2020). Fotogrametría digital aérea y terrestre. Aplicación de luz rasante digital a petrograbados de un sitio rupestre dentro del Proyecto de Salvamento Arqueología Gasoducto Samalayuca-Sásabe. *Arqueología. Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, 61, 5-26. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/arqueologia/article/view/18325> (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » Gilbert-Sansalvador, L., Montuori, R. y Rosado-Torres, A. L. (2020). Constructive analysis of Maya vaulted architecture from photogrammetric survey. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 44, 357-363. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-M-1-2020-357-2020>
- » Gómez, H. (1995). Proyecto Arqueológico Izapa. Informe de la segunda temporada 1994. Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Manuscrito inédito.
- » Gómez, H. (1996). Proyecto Arqueológico Izapa. Informe de la tercera temporada 1995. Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Manuscrito inédito.
- » Gómez, H. y Grazioso, L. (1997). Nuevos elementos de la iconografía de Izapa: la Estela 90. En J. P. Laporte y H. Escobedo (Eds.), *Actas del X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala* (pp. 227-242). Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología. <https://www.asociaciontikal.com/simposio-10-ano-1996/19-96-hernando-y-liwy-doc/> (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » Guernsey, J. (2006). *Ritual and Power in Stone. The Performance of Rulership in Mesoamerican Izapan Style Art*. University of Texas at Austin, Texas.
- » Inomata, T. y Henderson, L. (2016). Time Tested: re-thinking chronology and sculptural traditions in Preclassic Mesoamerica. *Antiquity*, 90(350), 465-471. <https://doi.org/10.15184/aqy.2016.23>
- » Kabata, S., López, J. M., Taxis, A. y Fukuhara, H. (2016). Mapeo y registro de artefactos en 3D utilizando Agisoft PhotoScan y Drone en el Proyecto Arqueológico Tlalancaleca, Puebla. *Boletín del Instituto de Estudios Latinoamericanos de la Universidad de Estudios Extranjeros de Kyoto*, 16, 121-140. [https://www.kufs.ac.jp/ielak/pdf/kiyou16\\_06.pdf](https://www.kufs.ac.jp/ielak/pdf/kiyou16_06.pdf) (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » Lauro, V. y Lombardo, V. (2023). The Cataloging and Conservation of Digital Survey in Archaeology: A Photogrammetry Protocol in the Context of Digital Data Curation. *Heritage*, 6(3), 3113-3136. <https://doi.org/10.3390/heritage6030166>
- » Lemus-Espinoza, D., Maniscalchi-Badaoui, M. T., Quereguan, R. y Morales, Y. (2012). Biodeterioro del monumento religioso arquitectónico "San Antonio de Padua", Clarines, Anzoátegui, Venezuela. *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 24(1), 98-102. <http://saber.udo.edu.ve/index.php/saber/article/view/408> (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » López-Arce, P. (2012). Daños por cristalización de sales. En R. Fort González y E. M. Pérez-Monserrat (Eds.), *La conservación de los geomateriales utilizados en el patrimonio* (pp. 97-105). Madrid: Programa Geomateriales. <https://docta.ucm.es/bitstreams/d95b7f4f-cfb1-4d36-a5d2-979f63aa789c/download> (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » Lowe, G. W., Ekholm, S. M. y Clark, J. E. (2013). *Middle and Late Preclassic Izapa: Ceramic Complexes and History*. Provo: New World Archaeological Foundation, Brigham Young University.
- » Lowe, G. W., Lee, T. A. y Martínez, E. (1982). *Izapa. An Introduction to the Ruins and Monuments*. Provo: New World Archaeological Foundation, Brigham Young University.
- » Lucena Tinoco, J. E. (2009). *Mapa de danos: recomendações básicas (Vol. 43)*. Olinda: Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada.

- » Lucet, G. (2017). *Fotogrametría y patrimonio. Registro y representación*. México DF: Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). <http://www.ebooks.esteticas.unam.mx/items/show/52> (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » Magnani, M., Douglass, M., Schroder, W., Reeves, J. y Braun, D. R. (2020). The Digital Revolution to Come: Photogrammetry in Archaeological Practice. *American Antiquity*, 85(4), 737-760. <https://doi.org/10.1017/aaq.2020.59>
- » Martínez, J. C. (2016). Retos y soluciones en el empleo de tecnologías 3D para la divulgación del trono de jaguar de Chichén Itzá. En D. Jiménez-Badillo y M. Gándara (Eds.), *El patrimonio cultural y las tecnologías digitales. Experiencias recientes desde México* (pp. 162-181). México DF: Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) - Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONACYT).
- » Micheletti, N., Chandler, J. H. y Lane, S. L. (2015). Structure from Motion (SfM) Photogrammetry. En L. E. Clarke y J. M. Niedl (Eds.), *Geomorphological Techniques* (pp. 1-12). <https://repository.lboro.ac.uk/ndownloader/files/17080646> (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » Norman, V. G. (1976). *Izapa Sculpture. Part 2. Text*. Provo: New World Archaeological Foundation, Brigham Young University.
- » Olivier, G. (2008). Las tres muertes simbólicas del nuevo rey mexica: reflexiones en torno a los ritos de entronización en el México central prehispánico. En G. Olivier (Ed.), *Símbolos de poder en Mesoamérica* (pp. 263-291). México DF: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- » Orenday Tapia, E. E., Tapia Tovar, E. y Pacheco Martínez, J. (2019). Intervenciones no destructivas para el diagnóstico de la salud estructural de dos templos de Aguascalientes, en México. *Intervenciones*, 10(19), 85-98. <https://doi.org/10.30763/Intervencion.2019.19.211>
- » Pérez, I. A. y Uriarte, A. J. (2022). *Los sistemas constructivos mixtos en la Estructura 46 de Izapa, Chiapas*. Trabajo presentado en el 5º Coloquio Mexicano de Historia de la Construcción. Materiales, Sistemas Constructivos y Mano de Obra, México.
- » Quirarte, J. (1973). *Izapan-Style Art: A Study of its Form and Meaning*. Washington: Dumbarton Oaks.
- » Quirarte, J. (2007). Revisiting the relationship between Izapa, Olmec, and Maya art. En L. S. Lowe y M. E. Pye (Eds.), *Archaeology, Art, and Ethnogenesis in Mesoamerican Prehistory: Papers in Honor of Gareth W. Lowe* (pp. 247-275). Provo: New World Archaeological Foundation, Brigham Young University.
- » Raco, F. (2023). From survey to integrated digital documentation of the cultural heritage of museums: A protocol for the anastylosis of archaeological finds. *Journal of Cultural Heritage*, 64, 176-186. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.09.005>
- » Rosenswig, R. M. (2019). The Izapa Kingdom's Capital: Formative Period Settlement Patterns, Population, and Dating Low-Relief Stelae. *Latin American Antiquity*, 30(1), 91-108. <https://doi.org/10.1017/laq.2018.83>
- » Rosenswig, R. M. (2021). Montículos de tierra y centros políticos: el ascenso y caída del Reino de Izapa, Chiapas, México. En A. Daneels (Ed.), *Arquitectura mesoamericana de tierra* (Vol. II, pp. 89-116). México DF: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- » Rosenswig, R. M., Gasco, J., Antoneli, C., Mendelsohn, R. R., Navarro-Castillo, M. y Vidal-Guzmán, C. (2012). Proyecto de Reconocimiento Regional de Izapa 2012. Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Manuscrito inédito.
- » Rosenswig, R. M., López-Torrijos, R. y Antoneli, C. (2015). Lidar data and the Izapa polity: New results and methodological issues from tropical Mesoamerica. *Journal of Archaeological and Anthropological Science*, 7(4), 487-504. <https://doi.org/10.1007/s12520-014-0210-7>
- » Rosenswig, R. M., López-Torrijos, R., Antoneli, C. y Mendelsohn, R. R. (2013). Lidar mapping and surface survey of the sites of the Izapa state on the tropical piedmont of Chiapas, México. *Journal of Archaeological Science*, 40(3), 1493-1507. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.10.034>
- » Rosenswig, R. M. y Mendelsohn, R. R. (2016). Izapa and the Soconusco Region, Mexico, in First Millennium, A.D. *Latin American Antiquity*, 27(3), 357-376. <https://doi.org/10.1017/S1045663500015789>

- » Sánchez López, A. V. G. (2021). *Propuesta de una metodología para desarrollar y evaluar técnicas de fotogrametría como herramientas para la realización del mapeo de patologías en elementos patrimoniales* (Tesis de Maestría inédita). Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), México. <http://hdl.handle.net/11317/2186>
- » Smith, V. G. (1984). *Izapa relief carving: form, content, rules for design, and role in Mesoamerican Art History and Archaeology*. Washington: Dumbarton Oaks.
- » Stirling, M. W. (1943). *Stone monuments of Southern Mexico*. Washington: Smithsonian Institution of Washington.
- » Uriarte, A. J. y Pérez, I. A. (2018). Izapa, Chiapas: el impacto del crecimiento poblacional y los desafíos para su conservación. *ARK Magazine*, 6(21), 178-193. [https://issuu.com/arkeopatias/docs/ark21\\_ed9b42a90e7d4e](https://issuu.com/arkeopatias/docs/ark21_ed9b42a90e7d4e) (Acceso: 4 de julio, 2024).
- » Uriarte, A. J., Pérez, I. A., Cruz, M. y Mendoza, J. (2020). Proyecto Investigación y Conservación de Izapa. Informe técnico Temporadas 2019-2020. Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Manuscrito inédito.
- » Uriarte, A. J., Pérez, I. A., Medina, A., Mendoza, J. y González, M. (2019). Proyecto Investigación y Conservación de Izapa. Informe técnico Temporada 2018. Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Manuscrito inédito.
- » Warcheid, T. y Braams, J. (2000). Biodeterioration of stone: a review. *International Biodeterioration y Biodegradation*, 46, 343-368. [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(00\)00109-8](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(00)00109-8)
- » Wheatly, D. y Gillings, M. (2002). *Spatial Technology and Archaeology. The archaeological applications of GIS*. Nueva York: Taylor and Francis Press.