
UNA APROXIMACIÓN A LA DIGITALIZACIÓN TRIDIMENSIONAL DE ENTIDADES PREHISPÁNICAS EN CUATRO ESCALAS: ARTEFACTO, MONUMENTO, ARQUITECTURA Y SITIO. CASOS DE ESTUDIO ASOCIADOS A LA ARQUEOLOGÍA UACÚSECHA, MICHOACÁN, MÉXICO

Emma Isabel Medina González y Grégory Pereira

INTRODUCCIÓN

En el 2012 inició la colaboración de estudiantes y docentes de la licenciatura de Restauración de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM), del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), dentro del Proyecto Arqueológico Uacúsecha (PAU) —iniciativa del Centro de Estudios de México y Centroamérica (CEMCA, antes Misión Arqueológica Francesa), la Dirección de Arqueología del Centro Nacional de Investigación Científica (ArchAm-PAU/CNRS) y la Université Paris —, dirigido por el doctor Grégory Pereira.¹ Como parte de ello, el Seminario-Taller de Conservación Arqueológica de la ENCRyM, con la titularidad de la doctora Isabel Medina-González, instituyó el Proyecto de Conservación Arqueológica Uacúsecha (PCAU),² que lleva en operación ya seis años, combinando actividades de formación, investigación y difusión con sede en campo, las instalaciones

1 Grégory Pereira y Marion Forest. "Proyecto Uacúsecha. Identificación y utilización de los espacios en los sitios posclásicos de la región de Zacapu, Michoacán, México", documento inédito, México, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, Archivo CEMCA, 2011. Grégory Pereira, D. Michelet y E. Jadot, "Proyecto Uacúsecha. Identificación y utilización de los espacios en los sitios posclásicos de la región de Zacapu, Michoacán, México", documento inédito, México, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, Archivo CEMCA, 2012. Grégory Pereira, et al., "Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 3", documento inédito, México, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 2011. Grégory Pereira, et al., "Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 4", documento inédito, México, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 2012. Pereira, Grégory Pereira, et al., "Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 5", documento inédito, México, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2013.

2 Isabel Medina-González, Adriana Sanromán y Eduardo Tejeda, "Proyecto de conservación arqueológica den-

del CEMCA y la propia ENCRyM-INAH, las cuales han arrojado múltiples resultados que comprueban los beneficios de la cooperación interdisciplinaria e interinstitucional.

Durante el 2013, el PCAU logró sumar la cooperación de otras instancias de investigación de liderazgo nacional, entre las que vale destacar la integración dentro de la Línea de Investigación en Materia de Conservación Arqueológica del proyecto de Tecnología 3D por barrido láser aplicada al estudio, protección, conservación, restauración y difusión del patrimonio cultural de México, INAH, INFR-2014-01, Conacyt, México, Coordinación Nacional de Monumentos Históricos (CNMH), INAH. Los propósitos particulares de esta instancia de cooperación fueron de naturaleza metodológica: incursionar en la digitalización de entidades patrimoniales que anteriormente no habían sido objeto de digitalización por el Laboratorio de Imagen y Análisis Dimensional (LIAD) de la CNMH-INAH, el cual ha tendido a especializarse en la realización de levantamientos arquitectónicos de patrimonio edificado prehispánico y colonial, ya en restauración o con un grado de conservación óptimo para su estudio constructivo, formal, tipológico y estilístico.³ Así, la idea fue ampliar el espectro de aplicación de la técnica al ámbito arqueológico con el fin de evaluar su desempeño y analizar su potencialidad en materia de registro, análisis, investigación aplicada, diagnóstico, monitoreo y otros campos de actuación de la conservación.

Para fines de control experimental, se tomó la decisión de abordar una variable y una constante metodológica. Por un lado, se trabajaría con cuatro tipos de entidades patrimoniales con diferencias de escala, a seguir: artefactual, monumental, de estructura y de sitio, gradaciones, todas ellas, de enfoque, que son convencionales en la aproximación de la investigación y la conservación arqueológica. Por otro lado, todos los casos de estudio seleccionados serían sometidos a digitalización tridimensional antes de experimentar procesos intensivos de investigación e intervención, de tal manera que los levantamientos fuesen equivalentes a un registro arqueológico inicial.

El desarrollo de la captura y el procesamiento de datos procedentes de la digitalización en las diversas escalas se llevó a cabo de forma paralela; sin embar-

tro del Proyecto Arqueológico Uacúsecha, sitio posclásico del Malpaís Prieto, Michoacán, México", documento inédito, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2012. Isabel Medina-González, Adriana Sanromán y Osiris Quezada, "Proyecto de conservación arqueológica dentro del Proyecto Arqueológico Uacúsecha, sitio posclásico del Malpaís Prieto, Michoacán, México, Fase II", documento inédito, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2013. Isabel Medina-González *et al.*, "Informe del proyecto de conservación arqueológica dentro del Proyecto Arqueológico Uacúsecha, México, Temporada 2012", documento inédito, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2013. Isabel Medina-González, *et al.*, "Informe del proyecto de conservación arqueológica dentro del Proyecto Arqueológico Uacúsecha, México, Temporada 2013", documento inédito, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2014.

3 Ángel Mora Flores, "Tecnología escáner láser", *op. cit.*

go, para esta contribución se decidió mantener un orden analítico, que corresponde a un incremento de dimensión, de acuerdo con la premisa que permite sumar y comparar problemáticas, lo cual clarifica la exposición.

Debido a que todos los casos de estudio se ubican en dos sitios de las inmediaciones de la ciudad de Zacapu, estado de Michoacán, que se han asociado con arqueología Uacúsecha y desde la actual investigación del PAU, sirvan estas coordenadas para introducir un marco espacio-temporal.

ARQUEOLOGÍA UACÚSECHA EN LAS INMEDIACIONES DE ZACAPU, MICHOACÁN

El objeto general del Proyecto Arqueológico Uacúsecha (PAU) es entender los antecedentes y el origen del reino tarasco, fenómenos que aun hasta fechas recientes solo habían sido indagados de forma limitada.⁴ Dos vertientes de conocimiento complementarias fundamentan la agenda de investigación del PAU. Por un lado, el estudio etnohistórico: según la *Relación de Michoacán* (1540), el génesis de la cultura tarasca se vincula con la historia de los Uacúsechas, un grupo "chichimeca" que se habría establecido en la región de Zacapu hacia el siglo XIII, antes de mudarse al valle de Pátzcuaro, que llegó a ser, dos siglos más tarde, la capital del poderío tarasco.⁵ Por otro lado, las investigaciones arqueológicas realizadas en los años 1980-1990 en el marco del Proyecto Michoacán (MAE-CEMCA/CNRS) sirvieron no solo para establecer los fundamentos de una arqueología regional sino también para demostrar que alrededor del año 1300 hubo una serie de transformaciones importantes en el patrón de asentamiento de los sitios ubicados en los alrededores de la actual ciudad de Zacapu, la cual tiene origen prehispánico.⁶ Amén de un aumento y nucleación demográfica, esta región vio emerger varias

4 Grégory Pereira y M. Forest, "Proyecto Uacúsecha. Identificación y utilización de los espacios...". Grégory Pereira, D. Michelet y E. Jadot, "Proyecto Uacúsecha. Identificación y utilización de los espacios..."

5 Grégory Pereira, Dominique Michelet y Gérald Migeon, "La migración de los purépecha hacia el norte y su regreso a los lagos", *Arqueología Mexicana*, núm. 123 (México, Raíces), 2013, pp. 55-60.

6 Dominique Michelet, Grégory Pereira y Gérald Migeon, "La llegada de los Uacúsechas a la región de Zacapu, Michoacán: datos arqueológicos y discusión", en Linda Manzanilla (ed.), *Reacomodos demográficos del Clásico al Posclásico en el centro de México*, México, Instituto de Investigaciones Antropológicas-Universidad Nacional Autónoma de México, 2005, pp. 137-153. Dominique Michelet (coord.), "Informe de la 2ª temporada del Proyecto Michoacán, CEMCA, 16.09.83-30.09.83", México, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia. Dominique Michelet, "El centro-norte de Michoacán: características generales de su estudio arqueológico regional", en Dominique Michelet (coord.), *El Proyecto Michoacán, 1983-1987, Cuadernos de Estudios Michoacanos*, 4 (México, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos), 1992, pp. 10-52. Dominique Michelet, "La zona occidental en el Posclásico", en Linda Manzanilla y Leonardo López Luján (coords), *Historia antigua de México*, vol. II, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Universidad Nacional Autónoma de México, Porrúa, 1995, pp. 153-188. Dominique Michelet, "El origen del reino tarasco", *Arqueología Mexicana*, vol. 4, núm. 19 (México, Raíces), 1996, pp. 24-27.

aglomeraciones urbanas inéditas, establecidas sobre un territorio agreste de derrames volcánicos conocido con el nombre de “Malpaís”.⁷ Entre estos sitios destacan los denominados: *el Infiernillo*, *Las Milpillas*, *el Palació* y *el Malpaís Prieto*, entre otros (figura 1).

Gran parte del trabajo del PAU se ha enfocado en el sitio del Malpaís Prieto, también conocido como “La Ciudad Perdida”, un asentamiento edificado y ocupado entre los siglos XIII y XIV que se extiende a lo ancho de una superficie de por lo menos 40 ha, en un paisaje cultural excepcional: una colada volcánica transformada por la acción humana, cuyos elementos naturales señalan la fisonomía del sitio.⁸ Ahí destacan las operaciones de excavación y rescate realizadas en la estructura S-3 —un complejo funerario que ha permitido el hallazgo de diversos entierros, ofrendas y artefactos—, así como en una serie de unidades domésticas



Figura 1. Principales sitios Uacúsechas ubicados en el Malpaís de las inmediaciones de Zacapu, Michoacán (Diagramación: Proyecto Arqueológico Uacúsecha, 2011).



7 *Ibidem*.

8 Grégory Pereira et al., “Informe técnico sobre los trabajos de campo...”, 2011. Grégory Pereira, et al., “Informe técnico sobre los trabajos de campo...”, 2012.

aledañas, donde se ha recuperado cultura material de diferente naturaleza. Entre los hallazgos más notables está una serie de objetos elaborados en metal: cascabeles, argollas simples y compuestas y un hacha. Justamente cuatro de estos ejemplares fueron seleccionados como los casos de estudio a escala artefactual en esta investigación (figura 2).

El PAU también se ha distinguido por acciones de documentación, excavación y conservación arqueológica en áreas periféricas del centro cívico ceremonial. Un espacio que resalta, justamente, por su estudio desde un enfoque interdisciplinario es una conglomeración de masas rocosas con manifestaciones gráfico-rupestres que conforman un elemento descollante del paisaje no solo por su tamaño sino también por ubicarse en una ladera superior del sitio del Malpaís Prieto.⁹ Precisamente, el petrograbado de mayor tamaño, denominado "RP1", fue seleccionado como la entidad de escala monumental de esta investigación (figura 3).



MP3: UT3 UE171. Cascabel cobrizo



MP5: UT5 Saq: Cascabel plateado



MP7: UT1: Pendiente de concha con arillo metálico



MP9: UT5 UE339: Arillo metálico de color dorado

Figura 2. Colección de artefactos metálicos recuperados por el Proyecto Arqueológico Uacúsecha, seleccionados como caso de estudio artefactual.



⁹ *Ibidem*.



Figura 3. Vistas de RP1, el petrograbado de mayor tamaño en el Malpaís Prieto y de RP2 (Fotografía: Proyecto de Conservación Arqueológica Uacúsecha, 2013).



Cabe subrayar que acciones de registro topográfico realizadas por el PAU a lo largo y ancho del Malpaís Prieto han resultado en la documentación de centenares de estructuras habitacionales en coexistencia con aquellas de vocación cívico-ceremoniales. Mientras que algunas de estas estructuras se han sometido a liberación parcial, sondeos, excavación intensiva y acciones puntuales de conservación emergente, a otras —la mayoría— solo se las ha sometido a chapeo eventual, en espera de contar con recursos para su investigación y conservación arqueológica. Entre estas últimas, llama la atención la yácata J6, debido que esta tipología arquitectónica es clásica de la arqueología del Occidente de Mesoamérica, razón por lo cual fue seleccionada como nuestro caso de estudio de la escala arquitectónica (figura 4).



Figura 4. Yácata J6 del sitio arqueológico del Malpaís Prieto (Fotografía: Proyecto de Conservación Arqueológica Uacúsecha, 2013).



Adicionalmente a lo anterior, el PAU ha desarrollado actividades de indagación arqueológica en otros sitios arqueológicos ubicados en las proximidades de la ciudad de Zacapu, entre los que destaca el denominado "El Paraíso" (figura 5). Con una extensión aproximada de 3 000 m² y ubicado cerca del pueblo de La Ensenada, este sitio está conformado por bloques de basalto de gran tamaño y amplias caras lisas en las que se ha registrado más de un centenar de petrograbados, inicialmente datados para el Posclásico tardío y considerados como del estilo Malpaís¹⁰.



Figura 5. Sitio arqueológico "El Paraíso" con una de los cientos de manifestaciones gráfico-rupestres registradas en él (Fotografía: Proyecto de Conservación Arqueológica Uacúsecha, 2013).



10 Brigitte Faugère-Kalfon, "Las representaciones rupestres del centro-norte de Michoacán", *Cuadernos de Estudios Michoacanos*, núm. 8 (México, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos), 1997. Brigitte Faugère-Kalfon, "Registro y mapeo de los petroglifos del sitio de El Paraíso", en G. Pereyra et al., "Informe técnico sobre los trabajos de campo...", 2011, pp. 28-86.

EXPERIENCIAS EN EL USO DE LA TECNOLOGÍA 3D EN LA ARQUEOLOGÍA UACÚSECHA

Las experiencias, limitaciones y logros de la experimentación del uso de tecnología en las diferentes escalas de entidades patrimoniales de arqueología Uacúsecha se detallan analíticamente a continuación.

ESCALA ARTEFACTUAL

Como lo señala el doctor en arqueología Dominique Michelet, “en general, los sitios del Occidente han proporcionado una cantidad de objetos de metal mayor que de cualquier otra zona de Mesoamérica”;¹¹ por ello, no es extraño que la arqueometalurgia se haya consolidado como un eje central en la investigación del pasado prehispánico de las culturas que se asentaron en el territorio que hoy ocupan las entidades federativas de Jalisco, Nayarit, Colima y Michoacán. Cronologías tecnológicas han estimado que la metalurgia, preponderantemente con base en aleaciones de cobre, apareció en el occidente de México entre el 600/800 d. C., prolongándose, en un primer periodo, hasta el 1000 d. C. y, de ahí, en un segundo periodo, hasta la conquista española.¹² Fue precisamente durante esta última etapa cuando el trabajo en aleaciones de cobre-arsénico se especializó en Michoacán y sus alrededores inmediatos.

Materiales metalúrgicos de diversos sitios del occidente de México —incluidos aquellos procedentes del sitio Uacúsecha de Las Milpillas— ya han sido analizados con anterioridad con la finalidad de caracterizar sus materiales y tecnología.¹³ En complemento, gracias a la colaboración del doctor Manuel Espinosa Pesqueira, del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), un estudio tecnológico y de conservación sobre la colección de artefactos arqueológicos metálicos descubiertos en el Malpaís Prieto se encuentra actualmente en desarrollo: resultados parciales, que sitúan la metalurgia Uacúsecha en los debates sobre la tecnología de esta actividad en el occidente de Mesoamérica ya han sido expuestos. Fue justamente con base en los requerimientos de documentación interrogados por estos estudios sobre tecnología y conservación, particularmente en términos de las potencialidades de su uso en el aspecto del monitoreo, como se decidió emplear tecnología 3D para producir modelos digitales.

11 Dominique Michelet, “La zona occidental...”

12 Dorothy Hosler, *Los sonidos y colores del poder: La tecnología metalúrgica sagrada del occidente de México*, México, El Colegio Mexiquense, 2005.

13 *Ibidem*.

El procedimiento para la captura de datos fue realizada en el laboratorio del Seminario-Taller de Conservación Arqueológica de la ENCRyM-INAH con un escáner de barrido de luz blanca de la marca Creaform, modelo Go!SCAN20, el cual se controló desde una computadora personal. El registro del objeto de estudio se realizó en diversas sesiones de barrido para lograr la captura de todas las facetas que completarían el registro final. El acopio de los datos se guardó en un equipo informático para la recolección de estos en tiempo real, información que fue procesada en gabinete. Los modelos tridimensionales obtenidos se presentan en la figura 6.

Cabe señalar que la captura de información representó varias problemáticas, debido a la naturaleza, tamaño, forma y detalles de los artefactos en estudio. Aquellos que aún presentaban restos de brillo metálico tenían tamaños reducidos, poseían formas planas y detalles delicados, solo pudieron ser registrados de forma parcial, a pesar de que se emplearon diversos métodos de optimización de barrido, incluida la digitalización en vecindad con artefactos modelos y escenarios con *targets*. De hecho, la mejor respuesta en términos de registro se logró en el cascabel de cobre, sin excluir que el procedimiento fue dispendioso y complejo en términos de la captura y resolución de la digitalización. En la actualidad no solo se ha propuesto continuar las pruebas sino también iniciar experiencias comparativas con otros equipos de escaneo tridimensional y fotogrametría.

ESCALA MONUMENTAL

Como hemos mencionado, el LIAD-CNMH-INAH tiene una amplia trayectoria en el escaneo de estructuras prehispánicas y coloniales que poseen una diversidad amplia de elementos asociados, ya sea pictóricos o escultóricos.¹⁴ Asimismo, esquemas de colaboración entre diversas instituciones académicas mexicanas, en los que colaboraron el INAH, la UAM y la UNAM, han empezado recientemente a acumular experiencia en la digitalización 3D de escultura monumental prehispánica e histórica.¹⁵ Sin embargo, hasta el momento, en nuestro país aún no se ha extendido el uso de esta tecnología a las manifestaciones gráfico-rupestres, una tipología patrimonial que, paradójicamente, cuenta con un largo y renovado

14 Ángel Mora Flores, "Tecnología escáner láser", *op. cit.*

15 Anon., "Inicia restauración del monolito Tláloc", *Boletines del INAH*, documento electrónico disponible en <<http://www.inah.gob.mx/boletin/12-restauracion/7153-inah-emprende-restauracion-del-tlaloc>>, consultado en agosto del 2017.

Anon., "Tecnología UAM utilizada en la restauración de "El Caballito", *Información y Divulgación/UAM Azcapotzalco*, documento electrónico disponible en <<https://informacionydivulgacionuama.wordpress.com/>>, consultado en agosto del 2017.

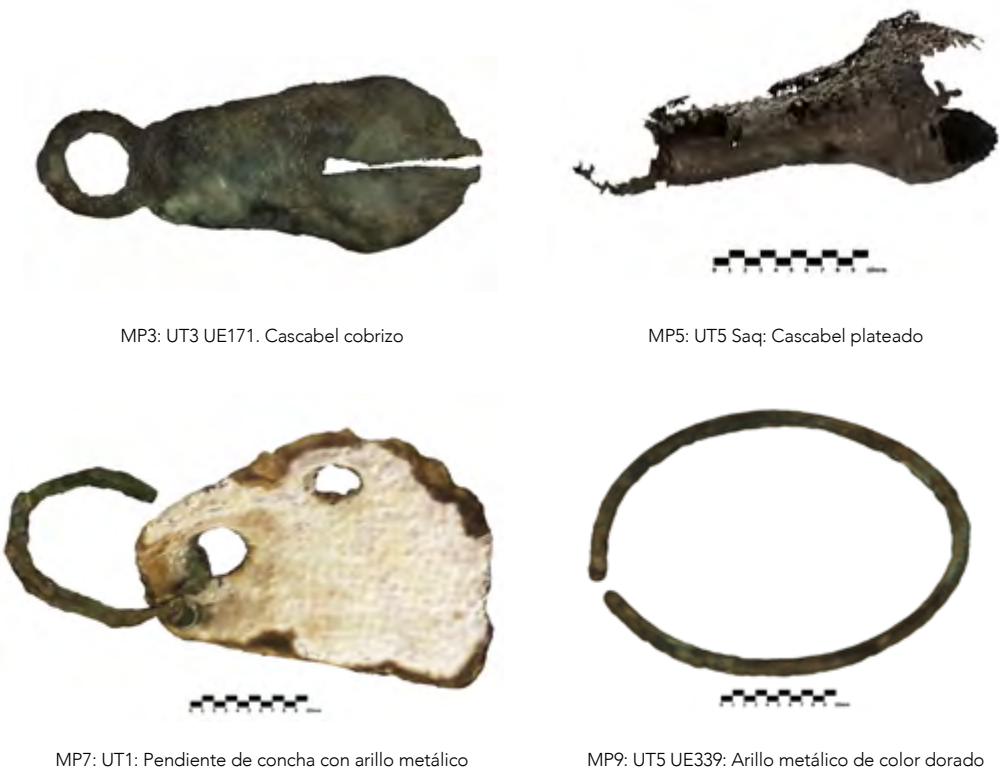


Figura 6. Modelos tridimensionales de una colección de artefactos metálicos Uacúsechas.



camino en el uso tradicional de imagenología tridimensional —particularmente, fotogrametría—.¹⁶ Asimismo, es de notar que las aplicaciones internacionales pilotos en materia de digitalización 3D de petrograbados y pintura rupestre para fines de investigación y conservación ya han sido documentadas, tal y como lo atestigua una amplia bibliografía mundial.¹⁷

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente iniciativa se propuso realizar una serie de pruebas iniciales de escaneo 3D en los petrograbados del sitio del Malpaís Prieto. Como hemos mencionado, estos se encuentran tallados en un par de rocas volcánicas que conforman parte de un conglomerado de monolitos descollantes en el paisaje cultural del sitio. El monolito rocoso (RP1), que posee más de 2 m de longitud, presenta tres agrupaciones de bajo-relieves: en el extremo oeste, un pequeño grupo de cuatro figuras geométricas; en la parte media, cubriendo 50% de la longitud, un programa complejo de diseños orgánicos e inorgánicos, y, finalmente, en el extremo este, predominantemente en la parte superior de la roca, una serie de hendiduras cóncavas agrupadas en cuatro líneas. Un grupo de este tipo de hendiduras formando un diseño cuadrangular se dispone en la parte superior de una roca asociada (RP2) (figura 3).

Cabe señalar que el diseño de los petrograbados en cuestión ha sido documentado por medio de fotografía digital en diversas ocasiones; de hecho, un registro actualizado con tomas generales y de detalle fue realizado en el 2012, una vez que culminaron los procesos de limpieza superficial a cargo del área de conservación. Durante esa misma temporada también se llevó a cabo un registro pormenorizado de los bajo-relieves en dibujo, tanto en lo que corresponde al entorno como a los diseños (figura 7).

16 Cfr. Juan Ortiz Sanz *et al.*, "A simple methodology for recording petroglyphs using low-cost digital image correlation photogrammetry and consumer-grade digital cameras", *Journal of Archaeological Science*, núm. 37, 2010, pp. 3158-3169, documento electrónico disponible en <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2010.07.017>>, consultado en agosto del 2016.

17 Cfr. Inés Domingo *et al.*, "Latest developments in rock art recording: towards an integral documentation of Levantine rock art sites combining 2D and 3D recording techniques", *Journal of Archaeological Science*, núm. 40, 2013, pp. 1879-1889, documento electrónico disponible en <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2012.11.024>>, consultado en agosto del 2017; Alexandra Güth, "Using 3D scanning in the investigation of Upper Palaeolithic engravings: first results of a pilot study", *Journal of Archaeological Science*, núm. 39, 2012, pp. 3105-3114, documento electrónico disponible en <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2012.04.029>>, consultado en agosto del 2017; Heinz Rüter *et al.*, "Laser scanning for conservation and research of African cultural heritage sites: the case study of Wonderwerk Cave, South Africa", *Journal of Archaeological Science*, núm. 36, 2009, pp. 1847-1856, documento electrónico disponible en <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2009.04.012>>, consultado en agosto del 2017.

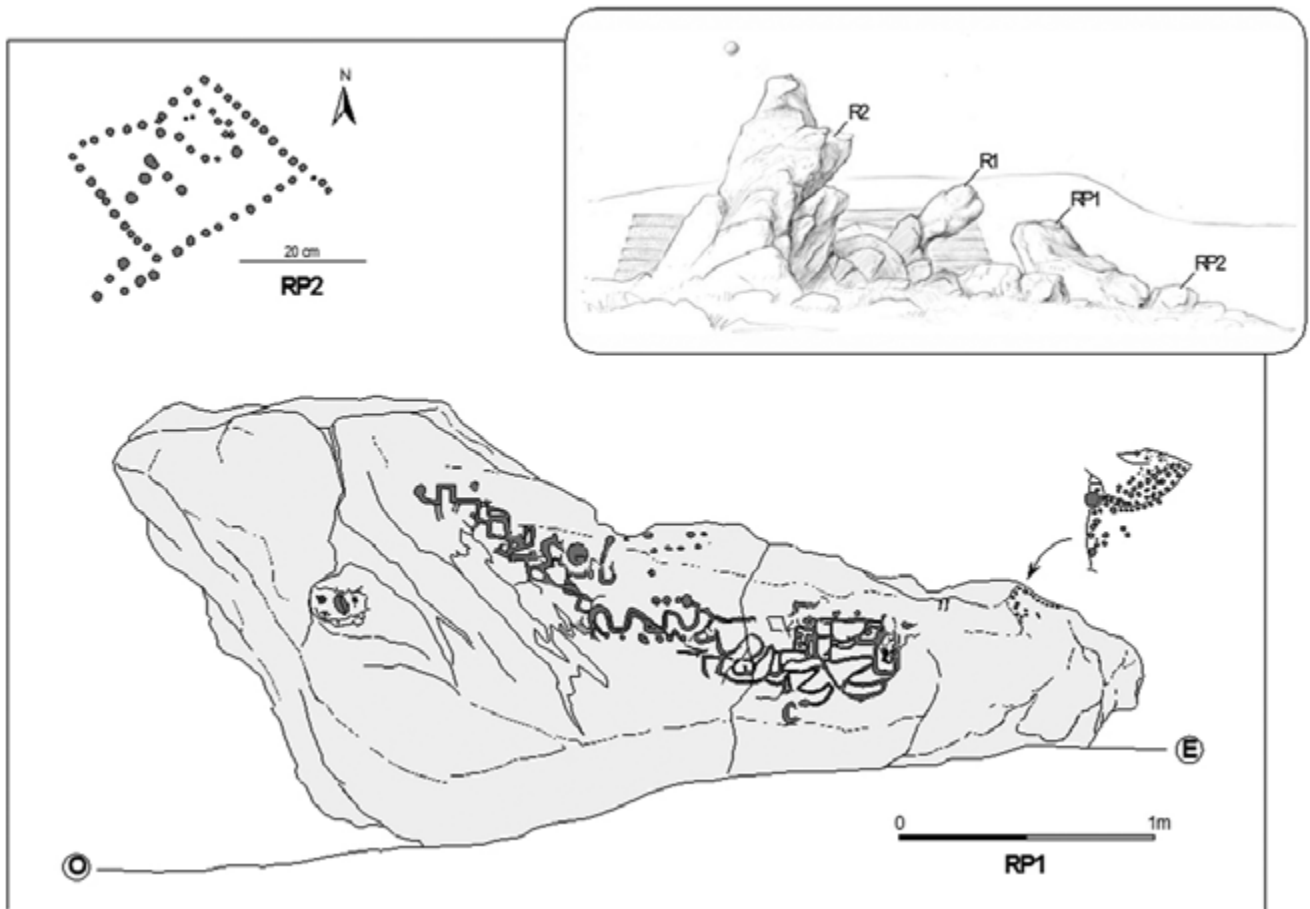


Figura 7. RP1, Sitio arqueológico Malpaís Prieto: proceso de limpieza de petroglifos y registro gráfico (Fotografía: Guillaume Roux), Proyecto Arqueológico Uacúsecha, UMR 8096, ArchAm/CNRS, Université Paris 1, CEMCA. Dibujo de RP1 y RP2 (Elaboración: Nicolas Latsanopolms).



Cada uno de estos medios de registro ofrece ventajas diferenciadas en la aproximación a los petrograbados en materia tanto de su interpretación como de su conservación, por lo que se buscó complementarlas con la digitalización 3D.

Las pruebas de escaneo se realizaron con dos instrumentos. Por un lado, se hicieron tomas de entorno del conjunto rocoso y del petrograbado PR1 con un escáner de la marca Leica Geosystems, modelo HDS P20, en distintas vistas, con la finalidad de obtener información de toda la superficie posible. Por otro lado, en el diseño ubicado en el extremo oeste del RP2 se realizó una prueba parcial con el escáner de luz blanca antes descrito (figura 8).

La información recabada en el sitio fue procesada en laboratorio con la finalidad de obtener imágenes contextuales y generales del petrograbado, y de detalle de su relieve. Resultados óptimos se obtuvieron de las vistas de entorno y generales (figura 9).



Figura 8. Captura de datos en RP1, sitio arqueológico Malpaís Prieto (Fotografías: Isabel Medina-González).





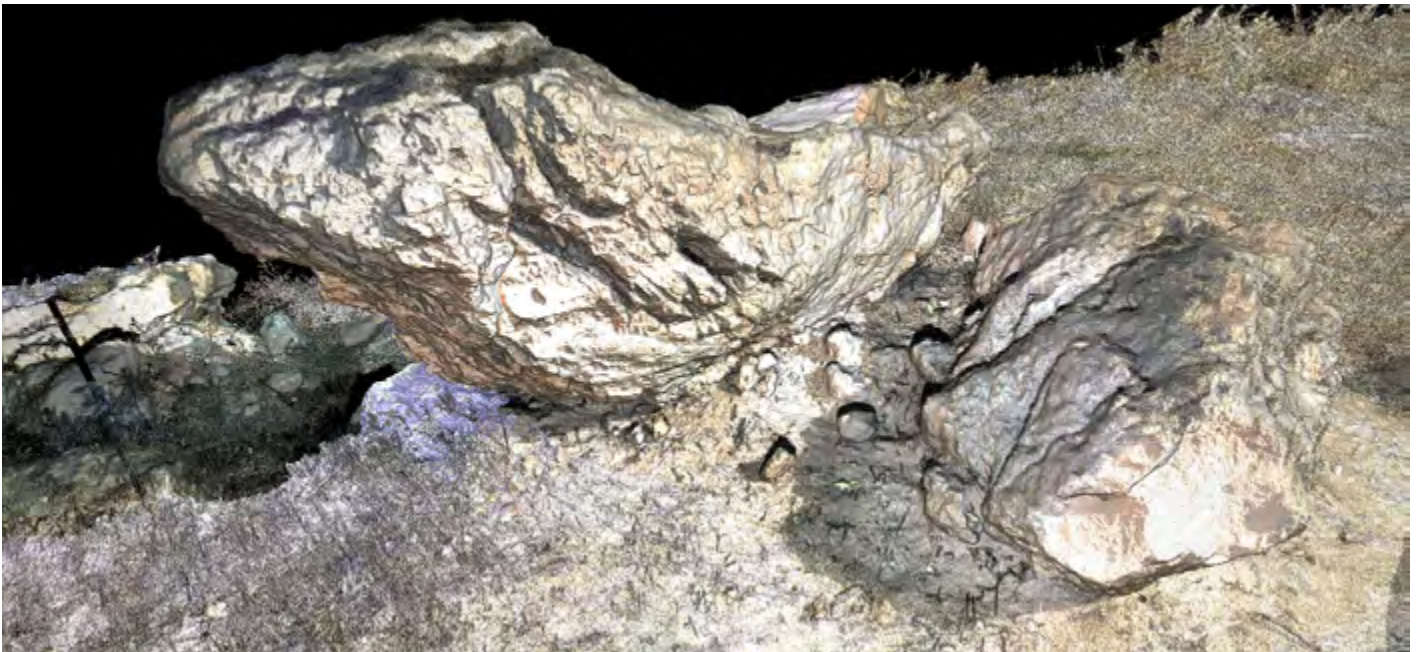
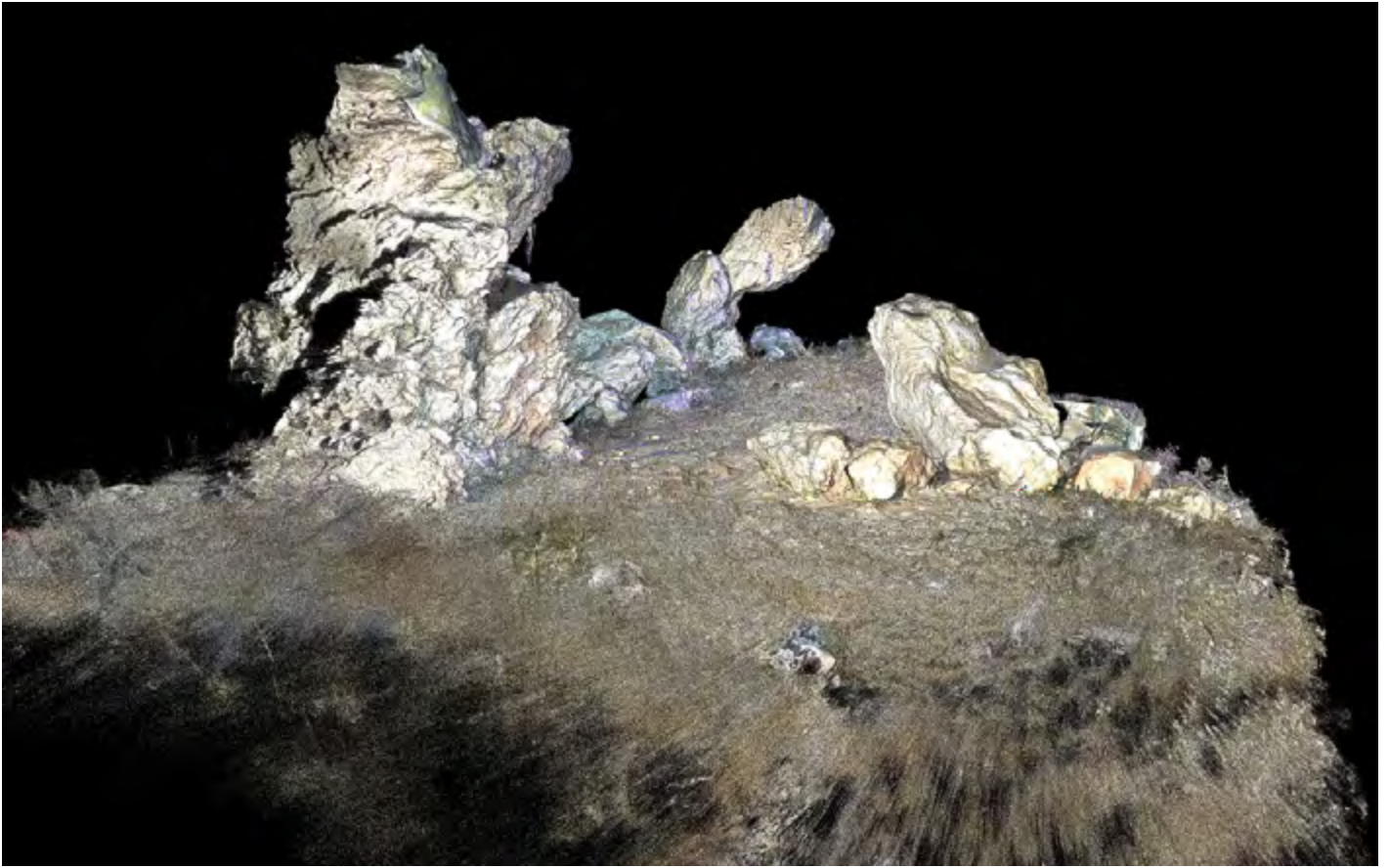


Figura 9. Modelos tridimensionales del entorno del RP1, sitio arqueológico Malpaís Prieto.



Comparativamente, las vistas del diseño del relieve presentaron mayores problemas de nitidez en la revelación de detalles del diseño del petrograbado, a pesar de los diferentes tratamientos de gabinete —elevaciones, *shading* y *silhouette*—, posiblemente debido a la saturación de información (figura 10). Alternativamente, las pruebas del escaneo de luz blanca resultaron adecuadas en su resolución (figura 11), por lo que se ha propuesto extenderlas a la totalidad del petrograbado, cuyo registro, debido al tamaño del elemento, deberá hacerse a partir de recuperaciones parciales en campo, que deberán de ser acopladas en gabinete. Cabe señalar que, aunque los resultados de esta experiencia piloto de digitalización en manifestaciones gráfico-rupestres tuvo resultados limitados, el aprendizaje logrado fue fundamental para abordar el registro en escala de sitio en El Paraíso.



Figura 10. Modelo tridimensional laser de RP1, sitio arqueológico Malpaís Prieto.



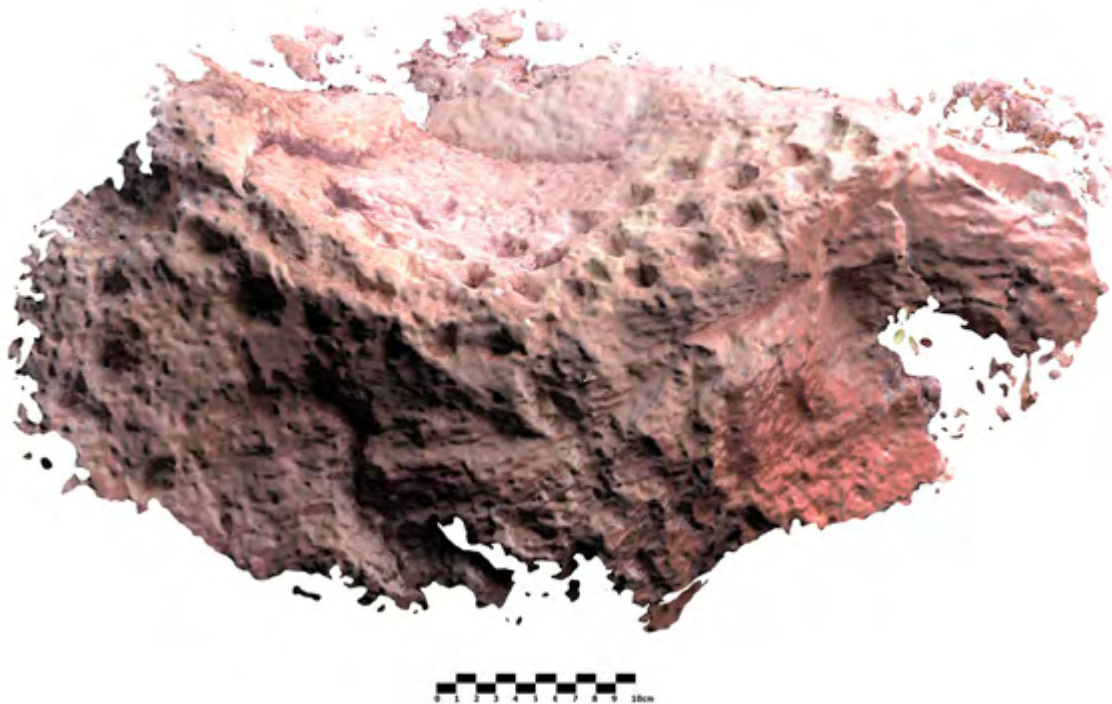


Figura 11. Modelos tridimensionales del RP1, sitio arqueológico Malpaís Prieto.



ESCALA ARQUITECTÓNICA

La digitalización 3D de arquitectura prehispánica en México se ha concentrado, fundamentalmente, en edificios previamente intervenidos por procesos de liberación, conservación y restauración. Tomando en cuenta lo anterior, esta iniciativa buscó ampliar el uso de la técnica en estructuras que aún permanecen en depósito arqueológico, con la finalidad de explorar el potencial de la tecnología en la revelación de datos útiles para encauzar tareas de registro, levantamiento, liberación y conservación arqueológicas. El levantamiento se llevó a cabo por medio de escáner de la marca Leica Geosystems, modelo HDS P20 (figura 12).

Ya en gabinete, los datos fueron procesados con diferentes técnicas, con la finalidad de mejorar la nitidez del registro arqueológico y optimizar un mayor detalle en la revelación de rasgos arquitectónicos, incluso de alineaciones sugerentes de cuerpos de basamento, posibles escalinatas y resto de la estructura superior, y de iniciar su empleo en el registro de alteraciones (figura 13).

Un avance importante es que se logró acoplar estos datos tridimensionales con la topografía realizada en esta misma temporada con una estación total, con el fin de complementar y comparar estas técnicas diferenciadas de registro arqueológico (figura 14).



Figura 12. Levantamiento digital tridimensional en yácata J6 , sitio arqueológico Malpaís Prieto (Fotografía: Isabel Medina-González).



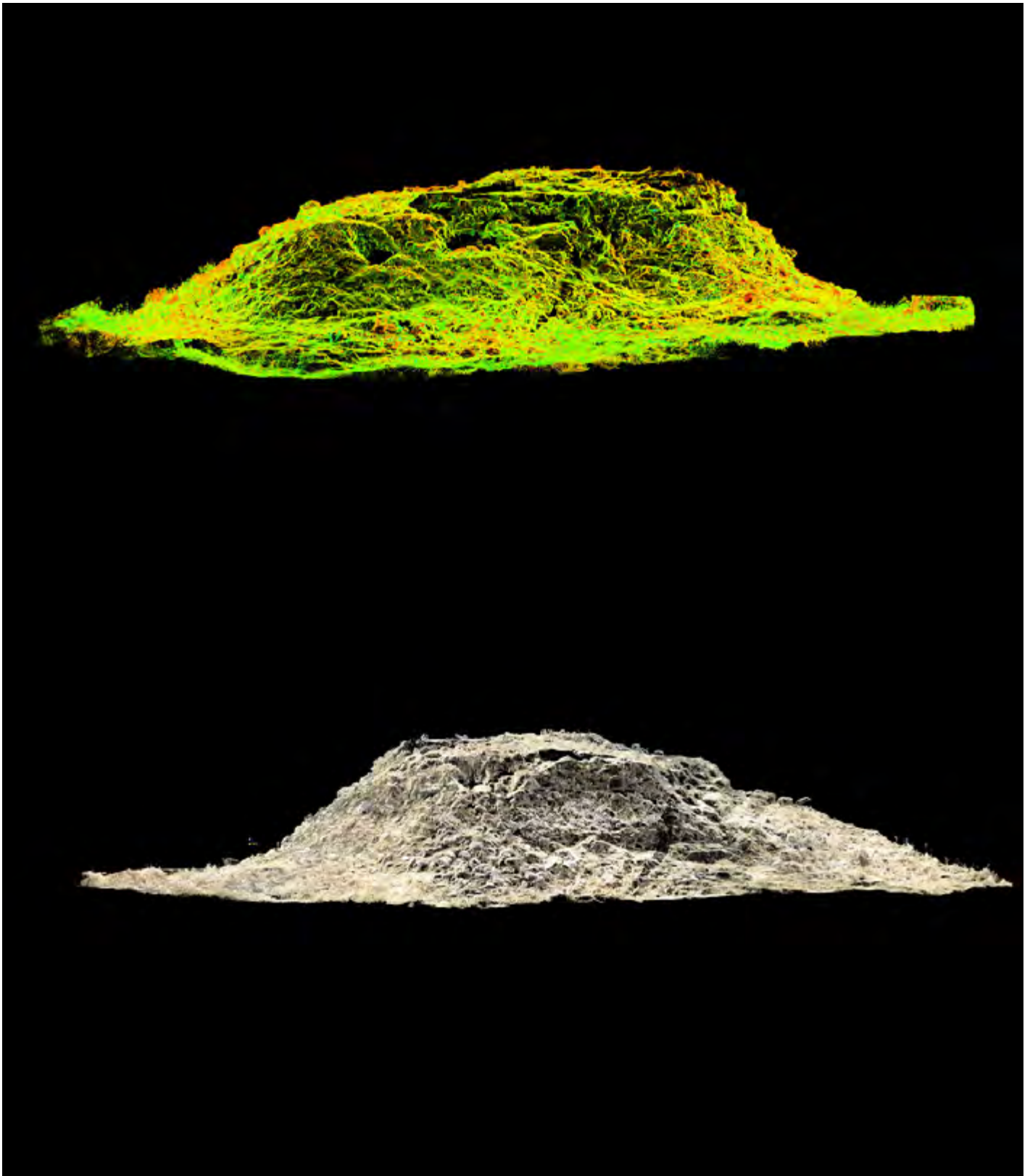


Figura 13. Modelos tridimensionales de la yacata J9, sitio arqueológico Malpaís Prieto.



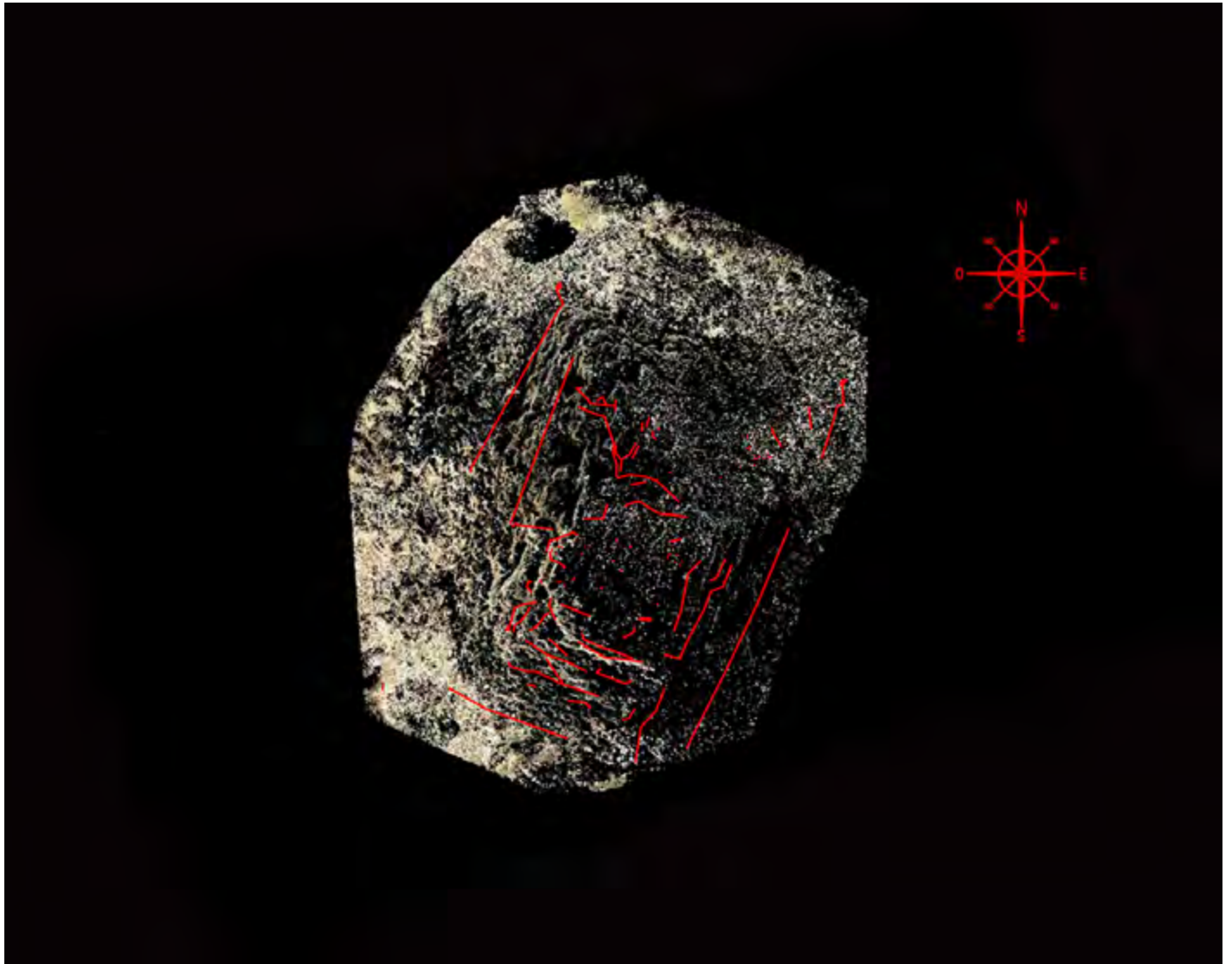


Figura 14. Modelos tridimensionales de la yácata J9: acoplamiento de digitalización tridimensional con topografía. Sitio arqueológico Malpaís Prieto.



ESCALA DE SITIO

La aplicación de la digitalización tridimensional en las anteriores escalas —artefactuales, monumento y estructura—, a la par de las experiencias del Proyecto de Conservación Integrada El Salitre y el Subproyecto de Digitalización 3D en Xochicalco, permitió definir con mayor precisión tanto la metodología como las técnicas que habían de emplearse en esta iniciativa en escala de sitio, ya que se capitalizó en la experiencia adquirida, que indicaba un horizonte de potencialidades y límites de desempeño *in situ* ya del equipo láser marca Leica Geosystems, modelo HDS P20, del de luz blanca marca Creaform, modelo Go!SCAN20, particularmente en el campo de la investigación y la conservación arqueológicas de manifestaciones gráfico-rupestres.

Los sitios que están conformados exclusivamente por manifestaciones gráfico rupestres son un fenómeno cultural de gran abundancia en nuestro país, que se extiende a una diversidad de contenidos, contextos, desarrollos culturales y cronologías.¹⁸ La franja occidental del país no es la excepción: de hecho, ahí O. Schundube, G. Ramírez y B. Faugère han realizado, ya desde mediados del siglo pasado, estudios sobre arte rupestre en Michoacán, incluido el de El Paraíso, sitio que posee una extensión de 3 000 m² aproximadamente.¹⁹

En el año 2011, B. Faugère realizó un mapeo de cartografía dinámica (GPS/ARCGIS), un inventario anotado (dimensiones, orientación, inclinación, morfología, características iconográficas y ponderación de alteración) y un registro fotográfico de los petrograbados de El Paraíso.²⁰ Como resultado de ello, se concluyó que las decenas de cuadros con representaciones rupestres que se encontraron grabadas en las amplias caras de la floración natural de rocas que forma el sitio habían sido elaboradas con una técnica básica de percusión con un punzón, trabajo que produjo diferencias no solo de textura sino, en virtud de la pérdida del estrato superior de la piedra, también de color, cualidades que sirven para destacar a los diseños del contraste liso y oscuro del fondo natural. No obstante, es de destacar que, debido a las propias cualidades del soporte y a la factura de los petrograbados, su observación depende en gran medida de la orientación de la iluminación natural. Ello significa que algunas escenas son imperceptibles a determinadas horas del día, lo que impide su apreciación individual, y, en mayor importancia, del programa en su conjunto. Por las mismas razones, no es extraño que los registros fotográficos varíen en la lectura de los petrograbados en relación con el ángulo de luz. Estas variables implican dificultades en los procesos de registro arqueológico y de investigación iconográfica; asimismo, podrían estar afectando la ponderación de su estado de conservación.

18 V.V. A.A., "Arte rupestre en México", *Arqueología Mexicana*, edición especial 61 (México, Raíces), 2015.

19 Brigitte Faugère-Kalton, "Las representaciones rupestres...". V.V. A.A., "Occidente", *Arqueología Mexicana*.

20 Brigitte Faugère-Kalton, "Registro y mapeo de los petroglifos...".

Así, considerando la necesidad de contar con un levantamiento de alta nitidez y precisión que eliminará variables ópticas y de interpretación, se decidió incursionar con tecnología 3D en la digitalización del sitio El Paraíso (figura 15).

Aunque inicialmente se planteó lo anterior como una evaluación metodológica, fue posible dar un paso fundamental en la documentación del sitio con vistas a su estudio y diagnóstico. Gracias a que las labores de digitalización se llevaron a cabo de forma paralela a la temporada de trabajo en campo de B. Faugère, fue posible complementar esfuerzos en decisiones y labores comunes. Como resultado de ello se logró:

- La elaboración de un diagrama planimétrico básico del sitio que ubica la más de una centena de escenas de petrograbados hasta ahora identificados



Figura 15. Levantamiento digital tridimensional de petrograbados del sitio arqueológico El Paraíso (Fotografía: Karla Martínez).



- El levantamiento general del sitio con tecnología láser tridimensional
- La captura de los datos de seis petrograbados individuales por medio de escáner de luz blanca con diversos diseños orientados a todos los puntos cardinales, incluido el elemento 46, de mayores dimensiones (259 X 133 cm, capturado en dos sectores) y complejidad iconográfica del sitio, que presenta diseños en forma de pies antropomorfos, escaleras y otros elementos. Cabe señalar que con la finalidad de facilitar el levantamiento de datos fue necesario no solo crear sombras artificiales (para evitar la reflexión de la luz), sino también usar *targets* de adherencia controlada sobre la superficie no grabada de los petrograbados (figura 16).

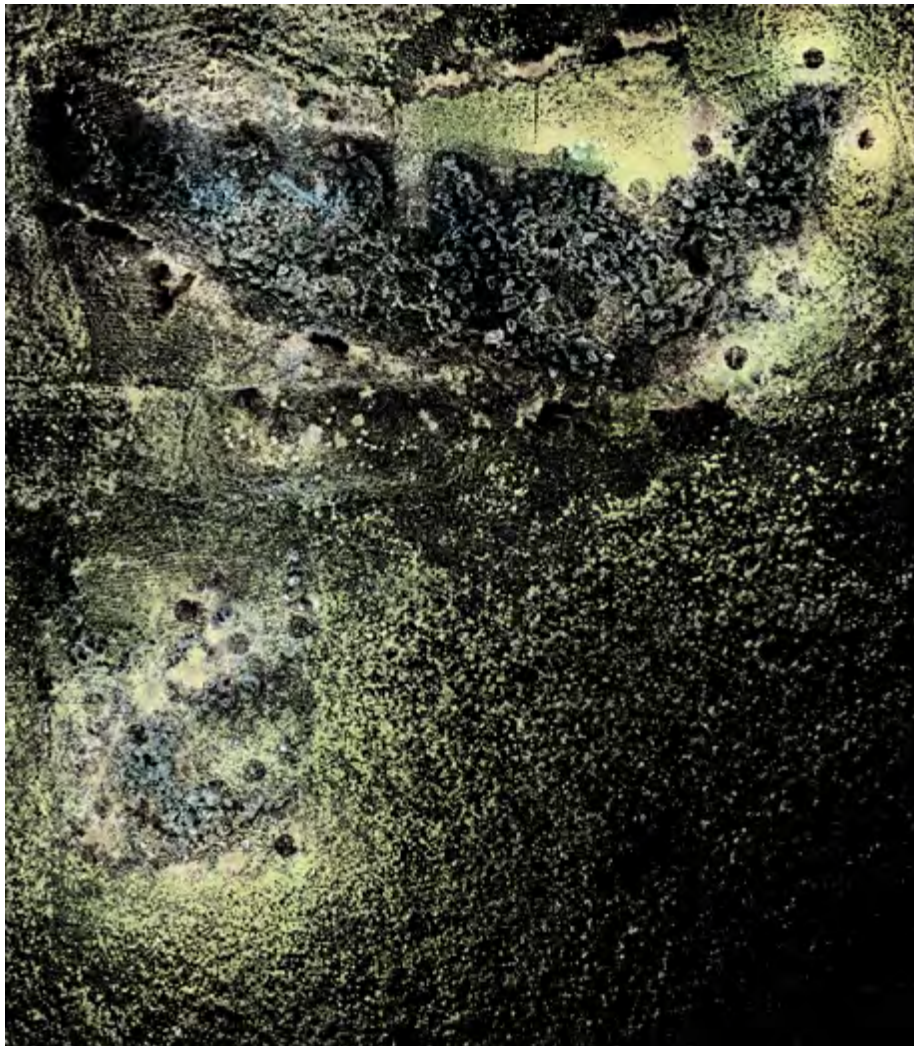


Figura 16. Levantamiento de planta de la totalidad del sitio arqueológico El Paraíso.



- Un levantamiento escrito o gráfico del estado de conservación de los petrograbados individuales (figura 17).



Figura 17. Modelos tridimensionales de la yácata J9, Sitio Arqueológico Malpaís Prieto.



La información anteriormente recuperada está en proceso con la finalidad de emplearla en materia de investigación y de conformar un diagnóstico aproximativo en materia de conservación —por complementarse con un estudio sobre la composición de las rocas—, el cual permitirá ahondar en aspectos tecnológicos y de procesos de alteración. Asimismo, se espera que los resultados puedan encaminarse hacia rumbos más ambiciosos, entre los que se prevé el levantamiento integral con diferentes técnicas de imagenología, la investigación en materia de deterioro y el monitoreo de conservación, todo ello, inspirado en proyectos de arqueología y conservación arqueológica de arte rupestre llevados a cabo en Europa y África.

CONCLUSIÓN

La arqueología de la cultura Uacúsecha ha representado un terreno rico para la incursión en el uso de tecnología de digitalización tridimensional por diversas razones. En primer lugar, habrá que mencionar el hecho de que se trata de un área con cultura material singular y, al mismo tiempo, diversa dentro del mosaico mesoamericano. Habrá que señalar enseguida la oportunidad de aproximar diversas escalas que van del artefacto al monumento, a la escultura arquitectónica y, de ahí, al sitio. Afortunadamente, esta metodología diferenciada no solo permitió evaluar el desempeño de la tecnología en diversas realidades y contextos, sino que, en cada caso, la experiencia en cuanto a fortalezas y limitaciones se convirtió en una plataforma de acumulación de aprendizajes que se reportaron en la aproximación a escala más amplia y compleja. En tercer término, basta señalar que los resultados en todos los casos representan avances metodológicos y son una base documental que hará posible profundizar en la investigación y conservación arqueológicas de la región desde una perspectiva interdisciplinaria. Por lo tanto, este artículo representa solo el inicio de un largo camino de cooperación internacional en beneficio del conocimiento y la preservación del pasado prehispánico del occidente de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

Anon, "Inicia restauración del monolito Tláloc", *Boletines del INAH*, 2014, documento electrónico disponible en <<http://www.inah.gob.mx/boletin/12-restauracion/7153-inah-emprende-restauracion-del-tlaloc>>, consultado en mayo del 2017.

Anon, "Tecnología UAM utilizada en la restauración de "El Caballito", *Información y Divulgación/UAM-Azcapotzalco*, 2014, documento electrónico disponible en <<https://informacionydivulgacionuama.wordpress.com/2014/10/17/tecnologia-uam-utilizada-en-la-restauracion-de-el-caballito/>>, consultado en mayo del 2017.

Faugère-Kalton, Brigitte, "Las representaciones rupestres del centro-norte de Michoacán", *Cuadernos de Estudios Michoacanos*, núm. 8, México, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos.

Faugère-Kalton, Brigitte, "Registro y mapeo de los petroglifos del sitio de El Paraíso", en G. Pereira *et al.*, 2011, pp. 28-86.

Hosler, Dorothy, *Los sonidos y colores del poder: la tecnología metalúrgica sagrada del occidente de México*, México, El Colegio Mexiquense, 2005.

Medina-González, Isabel, Adriana Sanromán y Eduardo Tejeda, "Proyecto de conservación arqueológica dentro del Proyecto Arqueológico Uacúsecha, sitio posclásico del Malpaís Prieto, Michoacán, México", documento inédito, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2012.

Medina-González, Isabel, Adriana Sanromán y Osiris Quezada, "Proyecto de conservación arqueológica dentro del Proyecto Arqueológico Uacúsecha, sitio posclásico del Malpaís Prieto, Michoacán, México, Fase II", documento inédito, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2013.

Medina-González, Isabel, *et al.*, "Informe del proyecto de conservación arqueológica dentro del Proyecto Arqueológico Uacúsecha, México, Temporada 2012", documento inédito, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2013.

Medina-González, Isabel, *et al.*, "Informe del proyecto de conservación arqueológica dentro del Proyecto Arqueológico Uacúsecha, México, Temporada 2013", documento inédito, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2014.

Michelet, Dominique, Grégory Pereira y Gérald Migeon, "La llegada de los Uacúsechas a la región de Zacapu, Michoacán: datos arqueológicos y discusión", en Linda Manzanilla (ed.), *Reacomodos demográficos del Clásico al Posclásico en el centro de México*, México, Instituto de Investigaciones Antropológicas-Universidad Nacional Autónoma de México, 2005, pp. 137-153.

Michelet, Dominique (coord.), *Informe de la 2^{da} temporada del Proyecto Michoacán*, CEMCA, 16.09.83-30.09.83, México, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1983.

Michelet, Dominique, "El centro-norte de Michoacán: características generales de su estudio arqueológico regional", en D. Michelet (coord.), *El Proyecto Michoacán, 1983-1987. Cuadernos de Estudios Michoacanos*, núm. 4 (México, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos), año II, núm. 11, 1992, pp. 10-52.

Michelet, Dominique, "La zona occidental en el Postclásico", en Linda Manzanilla y Leonardo López Luján (coords.), *Historia antigua de México*, 2 vols., México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Universidad Nacional Autónoma de México, Porrúa, 1995, pp. 153-188.

Michelet, Dominique, "El origen del reino tarasco", *Arqueología Mexicana*, vol. 4, núm. 19 (México, Raíces), 1996, pp. 24-27.

Mora Flores, Ángel, "Tecnología escáner láser", *Intervención. Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología*, núm. 2 (México, Instituto Nacional de Antropología e Historia), 2009.

Pereira, Grégory y Marion Forest, "Proyecto Uacúsecha. Identificación y utilización de los espacios en los sitios posclásicos de la región de Zacapu, Michoacán, México", documento inédito, México, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, Archivo CEMCA, 2011.

Pereira, Grégory, *et al.*, "Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 3", México, documento inédito, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2011.

Pereira, Grégory, *et al.*, "Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 4", México, documento inédito, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2012.

Pereira, Grégory *et al.*, "Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 5", documento inédito, México, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2013.

Pereira, Grégory, Dominique Michelet y Gérald Migeon, "La migración de los purépecha hacia el norte y su regreso a los lagos", *Arqueología Mexicana*, núm. 123 (México, Raíces), 2013, pp. 55-60.

Pereira, Grégory, "Arqueología de un lugar de pasaje hacia el inframundo", *TRACE*, núm. 58, 2010, pp. 19-28.

Pereira, Grégory, "The utilization of grooved human bones: a reanalysis of artificially modified human bones excavated by Carl Lumholtz at Zacapu, Michoacan, Mexico", *Latin American Antiquity*, 16 v., núm. 3 (Society for American Archaeology), 2005, pp. 293-312.

Pereira, Grégory, "Le destin post-mortem des guerrier: pratiques funéraires et status social dans le Michoacan ancien, Mexique", en L. Baray, P. Brun y A. Testart (eds.), *Pratiques funéraires et sociétés. Nouvelles approches en archéologie et en anthropologie sociale*, Dijon, Editions Universitaires de Dijon (Collection Art, Archéologie et Patrimoine), 2007, pp. 371-390.

Sanz, Juan Ortiz, *et al.*, "A simple methodology for recording petroglyphs using low-cost digital image correlation photogrammetry and consumer-grade digital cameras", *Journal of Archaeological Science*, núm. 37, 2010, pp. 3158-3169, documento electrónico disponible en <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2010.07.017>>, consultado en mayo del 2017.

V.V. A.A., "Occidente", "Arte rupestre en México", *Arqueología Mexicana*, edición especial 61 (México, Raíces), 2015, pp. 62-64.