

XII CONGRESO MUNDIAL DE ARQUITECTURA SOBRE TIERRA

11-14 de julio 2016, Lyon Francia

Tema 2: Conservación y gestión del patrimonio

No. 327

Conservación del mural sobre adobe *Los Bebedores*

Grimaldi, Dulce María. Restaurador-perito, CNCPC, Instituto Nacional de Antropología e Historia

Pérez, Nora. Investigadora, CNCPC, Instituto Nacional de Antropología e Historia

Ortega, José. Investigador, Laboratorio de Geofísica, Instituto Nacional de Antropología e Historia

Villa, Luis Ángel. Ingeniero, Laboratorio de Geofísica, Instituto Nacional de Antropología e Historia

México, julio 2016

RESUMEN

El proyecto de conservación de la pintura mural sobre adobe de *Los Bebedores* (200 d.C.), ha desarrollado diversos estudios para entender el problema de conservación que los murales han presentado recientemente. Se trata de un mural que decoraba la fachada de uno de los edificios más antiguos de la ciudad prehispánica de Cholula, una de las más importantes en el mundo mesoamericano, en la parte central del actual México.

El artículo expone los resultados de los estudios de composición del soporte de adobe y junta de tierra, su comportamiento frente a la humedad, el análisis de las condiciones ambientales y de humedad en superficie, así como la evaluación de los tratamientos aplicados por el proyecto entre 2009 y 2012. Los resultados permiten comprender el deterioro en este sitio en donde la combinación de materiales constitutivos y su respectiva interacción con el agua no favorecen su conservación.

INTRODUCCIÓN

La pintura mural conocida como *Los Bebedores* (200 d.C.) decora la fachada de una subestructura del Edificio 3, al sur de la Gran Pirámide de la Zona Arqueológica de Cholula (200 a.C. al 800 d.C.) (Fig. 1), ubicada en el Centro de México. Tiene alto valor estético e iconográfico ya que representa escenas rituales de la segunda ciudad en importancia en el

Altiplano Central después de Teotihuacán (1). El estudio y conservación de esta pintura se lleva a cabo desde 2009 por la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia, dentro del Proyecto de Conservación e Investigación de la Pintura Mural y otros acabados arquitectónicos de la Zona Arqueológica de Cholula, Puebla.

Actualmente la pintura de *Los Bebedores* presenta un estado de conservación inestable. El reto de comprender los mecanismos de alteración ha llevado a la instrumentación de una metodología de investigación cuyo producto principal será la propuesta de medidas y tratamientos de conservación-restauración que permitan recuperar su estabilidad y preservación. En este texto se presentan los avances de dicho estudio, los cuales permitirán esbozar la propuesta de medidas a tomar.

1. DESCRIPCIÓN

La liberación del mural de *Los Bebedores* (1969-1970) se realizó al interior de túneles de exploración, debajo de otras etapas constructivas, a 3m bajo el nivel del piso exterior. La intervención arqueológica incluyó el uso extensivo de cemento, mientras que la primera intervención de conservación (1969-1970) empleó polímeros sintéticos en diversos tratamientos (2). Casi la totalidad de los túneles fueron revestidos con cemento a partir de 1970 para asegurar la estabilidad de los túneles y permitir la visita del público (Fig. 2). Sin embargo, no se lograron las condiciones necesarias, por lo que los túneles han permanecido cerrados al público desde su exploración.



Figura 1. Ubicación del edificio que contiene el mural de *Los Bebedores* (en rojo). (Foto: Grimaldi).

El mural decoraba una amplia fachada distribuida a lo largo de seis muros que en total suman 59 m de largo y una altura máxima de 2.37 m. La superficie total del mural original se calcula en 131.32 m² mientras que la que permanece tiene 91.52m² (3). Más de 100 personajes conviven en una escena que ha sido descrita como una ceremonia relacionada con la siembra o con la recolección de la cosecha por bebedores de pulque, bebida fermentada de origen prehispánico (4) (Fig. 3).

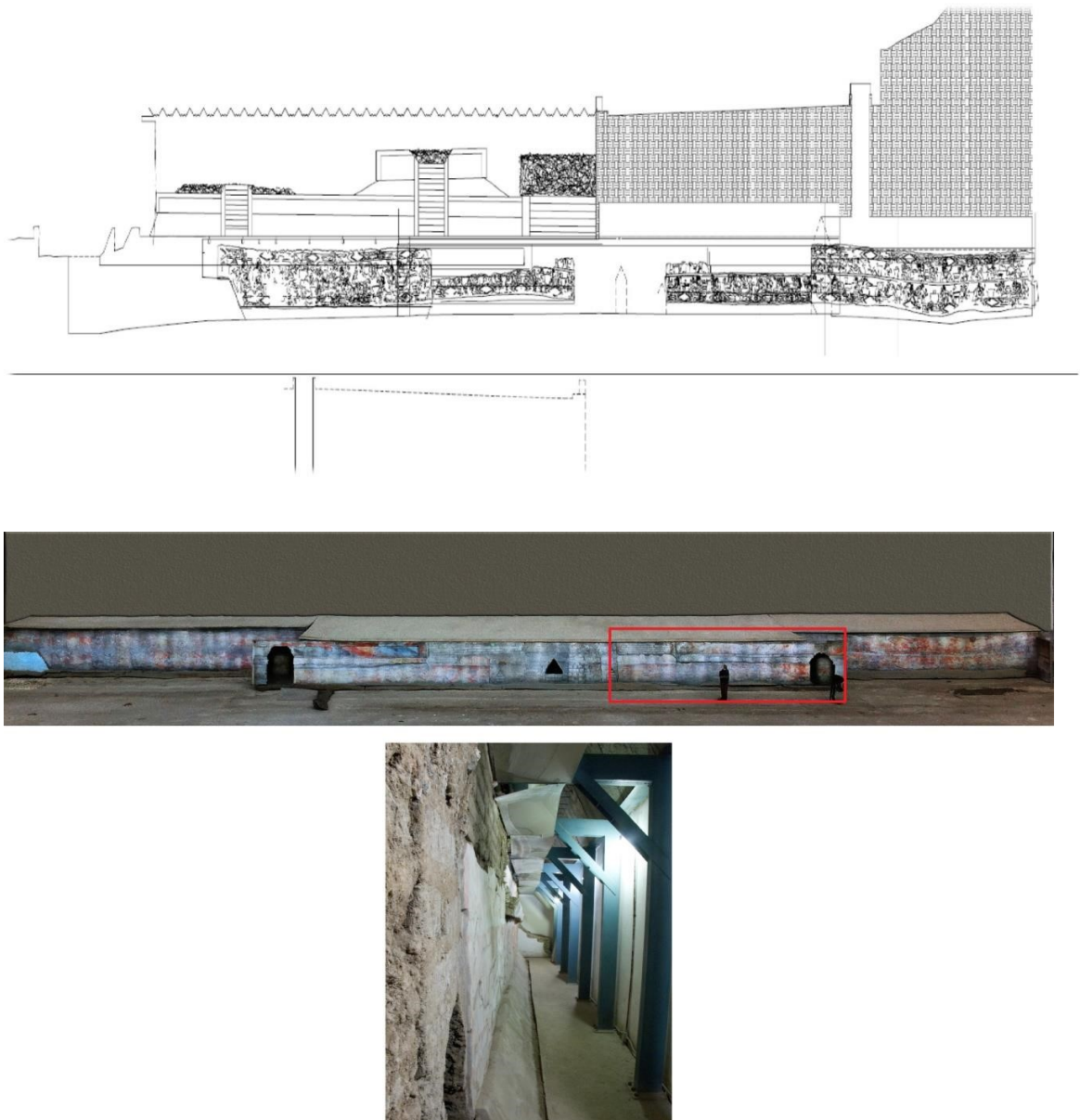


Figura 2. Detalle del mural en su contexto dentro de túneles (Plano retomado de INAH-GCI 2008, Maqueta: Marcela Mendoza, Foto: Grimaldi).

La subestructura fue construida con adobe y junta de tierra: el adobe carece de paja o alguna otra fibra en su composición, mientras que la junta varía de espesor, registrando secciones donde iguala el espesor del adobe. Al estar cubiertos con la pintura mural, la observación del sistema de adobe y junta se percibe a través de las huellas que se observan en la superficie del mural y, en accidentales ocasiones, sobre superficie que ha perdido la capa pictórica. Se observan secciones a manera de tareas en donde los adobes varían en color, textura, dimensión y forma, lo cual pareciera indicar que tienen diferente composición y fueron

colocados intencionalmente a manera de un tablero de ajedrez, recubierto por un aplanado delgado. El mural fue pintado cuando el soporte se encontraba seco y, la técnica pictórica es temple con pigmentos minerales, sin que se conozca el aglutinante empleado en ella. (5).

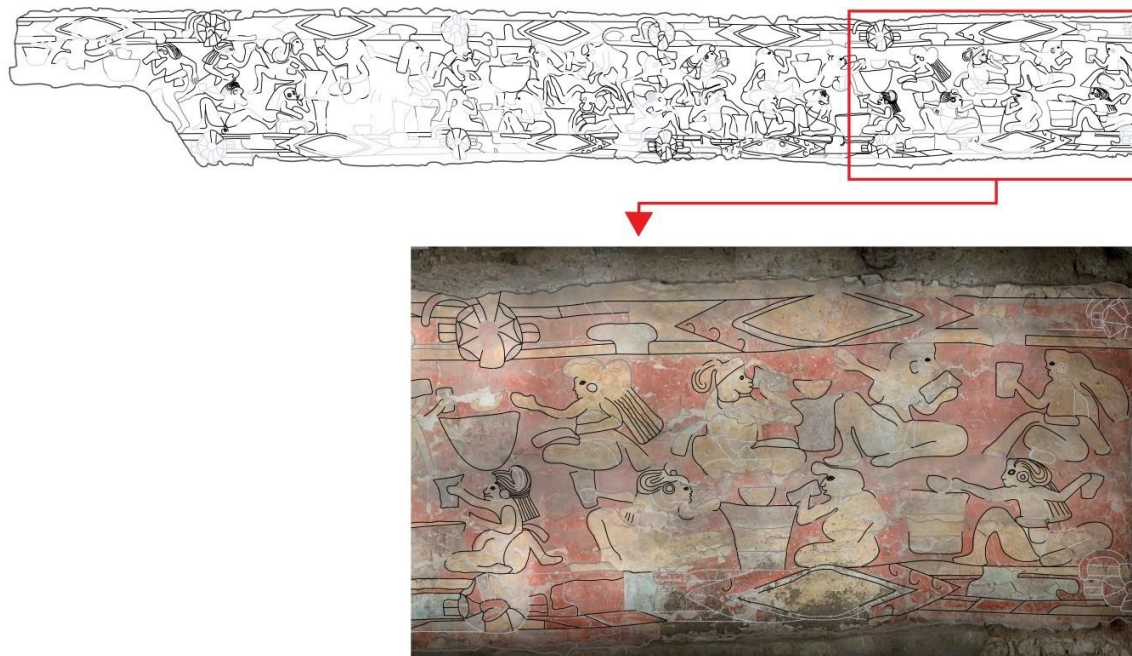


Figura 3. Detalle de una de seis secciones del mural. (Dibujo: Grimaldi 2015, Foto: Martínez Bronniman y Mendoza 2008).

2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

El proyecto de conservación en curso incluye la documentación, registro, intervención directa, conservación preventiva, monitoreo ambiental, investigación aplicada y difusión de la obra. Este proyecto tiene como antecedente la colaboración, entre el 2004 y el 2009, con el Instituto Getty de Conservación a través del “Estudio de Factibilidad para la Evaluación de Tratamientos Previos” (6) y en el 2009, con la Universidad de Florencia para el uso de nanomateriales para la conservación de la pintura (7).

Del 2009 al 2012 las intervenciones lograron estabilizar los problemas de conservación en la pintura mural y su soporte. Inicialmente, alrededor de un 50% de la superficie total estaba cubierta con sales y presentaba capa pictórica disgregada y desprendimientos de escamas. Por su parte, el adobe del soporte mostraba problemas de disgregación y consecuente formación de oquedades. Las alteraciones fueron abatidas en gran parte para el 2012, permaneciendo únicamente en secciones puntuales. Sin embargo, a partir del año 2013 se observó un retroceso en el estado de conservación y un acelerado deterioro del mural, del soporte de adobe y de los túneles donde se encuentra.

A más de 45 años de su descubrimiento, el edificio presenta un deficiente estado de conservación, lo cual no le permite amortiguar el impacto de las condiciones

medioambientales externas en el mural ubicado en su interior. Al parecer la reactivación y aceleración de los procesos de alteración del mural tienen una vinculación directa con el incremento de humedad al interior del edificio. El edificio se ubica a un costado de la Gran Pirámide así que el agua que desciende de esta y el agua de lluvia penetran al interior del edificio desde la parte superior del mismo a través de fisuras y material de relleno sin compactación, así como a lo largo de cavidades realizadas por animales. El agua también asciende por capilaridad en el muro con pintura, toda vez que los túneles donde se ubica el mural se encuentran por debajo del nivel de los pisos exteriores, al mismo tiempo que el resto de los muros de los túneles fueron recubiertos con cemento. Finalmente es importante señalar que la consolidación del exterior del edificio durante los años sesenta y setenta hizo uso extensivo de cemento. En consecuencia, el muro que soporta la pintura mural es el único frente para la evaporación de humedad en los túneles de esta subestructura, lo que incluye el acarreo de sales, aportadas en gran parte por el cemento, hacia la superficie del muro. Sin embargo, la humedad no se mantiene constante por lo que cada año, durante la época de secas, las sales cristalizan en algunos sectores de los túneles al interior del edificio.

Las condiciones descritas de penetración de agua y absorción por capilaridad, así como de fluctuación de humedad en los muros a lo largo del año, incrementaron a partir del 2013. En consecuencia, se ha observado que los túneles sufren con mayor frecuencia colapsos de adobe y piedra de las subestructuras superiores. Mientras tanto, el incremento de los niveles de humedad sostiene el crecimiento de grandes y pequeñas raíces que atraviesan los muros. El sistema de adobe y junta del soporte presenta también nuevas oquedades, acelerada disgregación, así como fisuras y grietas que llegan hasta la superficie del muro. En la pintura mural han reaparecido la disgregación y desprendimiento en escamas, formación de sales y proliferación de hongos en superficie, e inclusive el desprendimiento de fragmentos del mural y parte del soporte.

3. ESTUDIO

Los estudios que se llevaron a cabo tuvieron como objetivo brindar un soporte científico a las observaciones de incremento de deterioro del mural a partir del 2013. Para ello se consideró necesario conocer el material constitutivo del soporte para deducir su relación con el deterioro observado en la pintura mural, entender el comportamiento de la humedad como detonante de los procesos de deterioro que están afectando a este patrimonio y evaluar los tratamientos aplicados por el proyecto en cuanto a su comportamiento frente a la humedad reportada.

3.1. Estudio del soporte de adobe y junta de tierra.

Los análisis de Difracción de Rayos X (DRX) en muestras tomadas de secciones con pérdida de capa pictórica¹ indican que en su composición tienen cinco fases cristalinas principales: aluminosilicatos de sodio-calcio (plagioclasa), cuarzo, CT ópalo, piroxeno y anfíbol, y una fase amorfa significativa (8). La composición elemental medida por Fluorescencia de rayos X

¹ No resultó posible distinguir si la muestra correspondía al adobe o a la junta de tierra debido a las pequeñas dimensiones de las secciones con faltante de capa pictórica.

portatil (pXRF) de las cala central entre túnel 4 y 5, donde sí es posible observar y diferenciar junta y adobe, corresponde a las fases cristalinas identificadas, con una proporción elemental muy similar (Fig. 4), indicando una misma composición y en correlación con los resultados de DRX un mismo arreglo mineral.

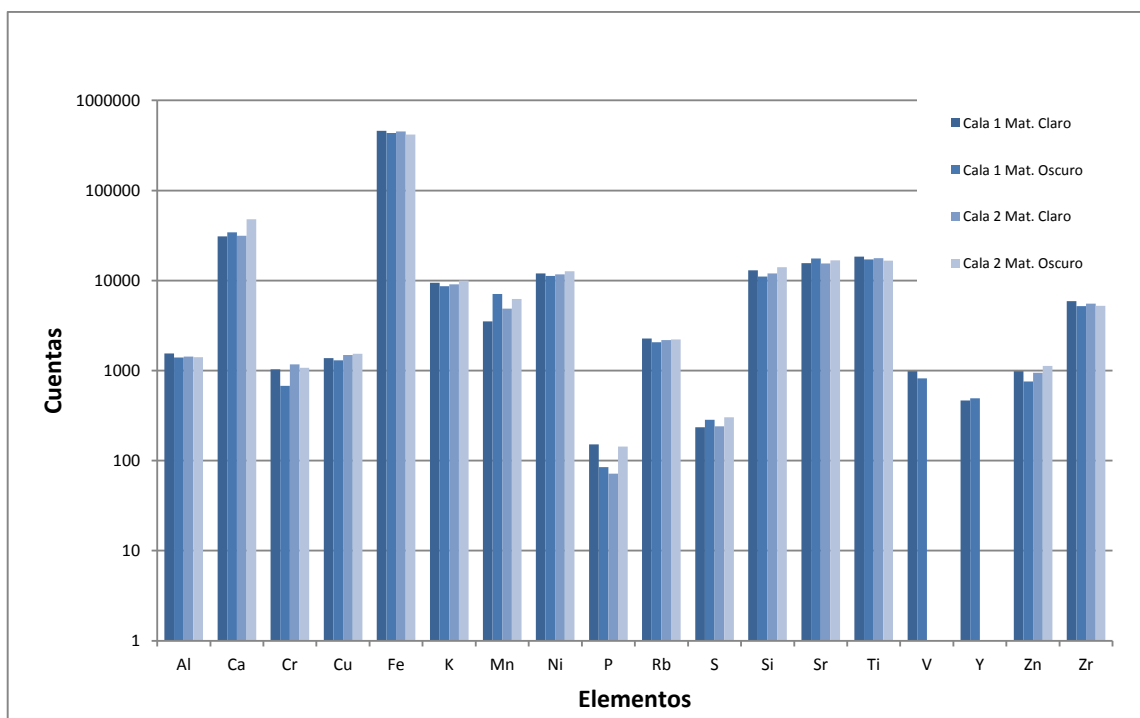


Figura 4. Resultados de los análisis de pXRF en la cala entre túnel 4 y túnel 5 de acuerdo a las diferencias de color entre adobes y juntas.

A partir de los resultados anteriores, se determinó que la composición elemental y mineral de los adobes y las juntas es muy similar a pesar de las diferencias físicas y de comportamiento observadas a simple vista. La principal diferencia entre los adobes analizados es la proporción entre tamaño de granos, según lo registrado con microscopía óptica (MO) y microscopía electrónica de barrido (MEB).

Los materiales de tamaño de grano fino (menor a 74 μm) entre las que se encuentran las arcillas ² (tamaño menor a 2 μm) son de gran importancia ya que tienen una fuerte influencia en la plasticidad, cohesión y comportamiento mecánico de los adobes y actúan para fortalecer los contactos entre partículas cristalinas (10,11).

Por otra parte, observación realizada al microscopio mostró que la afectación del estado de conservación de los adobes no es debida a la presencia y alteración de la estructura

² La AIPEA (Association Internationale pour l'Etude des Argiles) define arcilla como un material que ocurre naturalmente compuesto principalmente por materiales de grano fino, el cual es generalmente plástico si se le añade contenidos de agua apropiado y se endurece cuando se calienta. (9).

cristalina de las arcillas minerales³ por su expansión y contracción sino a la pérdida del material fino que une los otros granos del adobe y brinda cohesión y estabilidad (Figura 5) (8). Se hace énfasis en denominar material fino puesto que esta fracción está compuesta de alófano y otros materiales amorfos como vidrio volcánico, opalo y ferrihidrita, que tienen un papel importante en las propiedades de cohesión al ser aproximadamente el 30% del material fino (8).

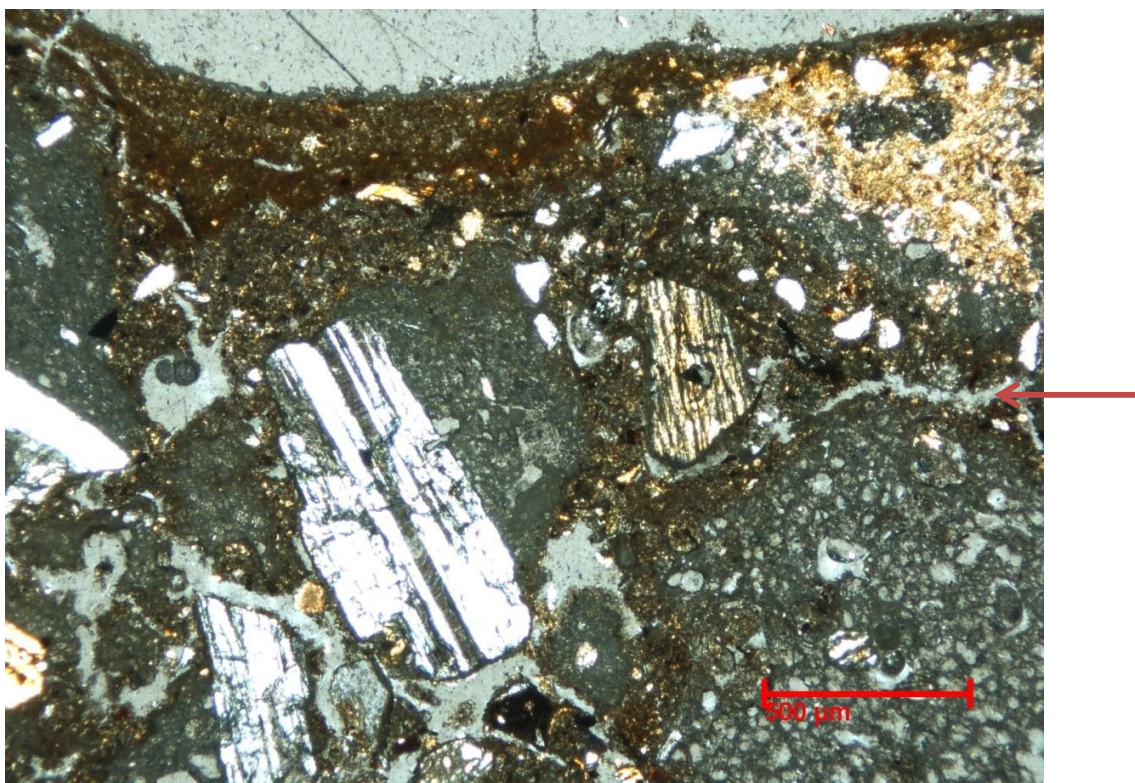


Figura 5. Lámina delgada en donde se observan los espacios vacíos (flecha) alrededor de granos de mayor dimensión debido a la pérdida del material de grano fino. (Cortesía y fotografía C. Ramírez)

El alofano es un aluminosilicato amorfo que se encuentra en la fracción fina del suelo y por sus propiedades y tamaño puede ser clasificado como arcilla pero no como arcilla mineral y por tanto no sufre cambios de expansión y contracción como en la arcilla mineral. Esta reportado que las propiedades de los suelos volcánicos tiene que ver con su contenido de alófano, siendo su funcionamiento adecuado como material de construcción en casos de inmuebles monumentales como presas en Indonesia y Nueva Zelanda (12). Por tanto, en el caso de los adobes del mural de *Los Bebedores*, la pérdida por erosión o arrastre del material fino afecta directamente la conservación del adobe, no sólo por la pérdida del alófano como material constitutivo, sino también por la pérdida del resto del material fino que se encuentra ya reportado como muy importante para la cohesión en arquitectura de tierra (13, 14). La erosión de las construcciones de tierra debido a la presencia de agua es un proceso

³ La AIPEA define arcilla mineral como minerales de tipo filosilicato y otros minerales que imparten plasticidad y se endurecen al calentarse. (9).

registrado en múltiples casos de estudio, aunque en varios de esos casos se reporta como un fenómeno de arrastre de la totalidad del material de tierra (15, 16) (Fig. 6 y 7), a diferencia de este caso de estudio donde se hace énfasis en el arrastre del material de grano fino por el agua.



3.2. Estudio del comportamiento del soporte frente a la humedad.

El efecto de la humedad en el sistema adobe-junta se midió mediante dos pruebas de metodología indirecta pero que brindan una aproximación al comportamiento del soporte de tierra frente a la humedad: 1) con el agua transferida directamente y 2) con su exposición a la humedad ambiental. En el primer caso, a probetas elaboradas mezclando material original de adobe y de junta del sitio se les agregó agua gota a gota hasta observar la falla del material. Por otra parte, el efecto de humedad ambiental se midió colocando probetas igualmente de adobe y junta en un dispositivo durante 1 mes, a 100% de HR. Los resultados muestran que la humedad ambiental no perjudicó la integridad estructural en el periodo de prueba, mientras que el agua transferida causó la fractura del adobe al acumular 0.40 ml/g mientras que el material de junta se fracturó a los 0.28 ml/g (17). No se descarta por ello que la suma de condiciones de alta humedad ambiental y un alto contenido de agua en el soporte, como sucede en el caso de *Los Bebedores*, tenga resultados negativos para el mural en un menor tiempo de exposición, ni contribuir en el efecto de las sales.

3.3. Estudio de distribución de humedad

Los dos estudios mencionados anteriormente, resaltaron la importancia de la presencia de agua en el proceso de alteración del soporte de la pintura mural. Sin embargo, poco se sabía de la distribución de humedad en los muros. Se midió la distribución de humedad en el muro con mayor alteración en la capa pictórica, el muro al norte del edificio, empleando el método de resistividad eléctrica. Se colocaron, a manera de agujas, electrodos de acero inoxidable de 1/64" de diámetro en posición perpendicular a la superficie, penetrando menos de 1 cm sobre áreas con faltante de capa pictórica. A partir de ello se adquirieron los datos de tomografía eléctrica en líneas paralelas entre si incluyendo la parte central del mural. Con estos datos se

realizó el procesamiento para obtener un modelo de resistividad en 3D que demuestra el desplazamiento y zonificación de la humedad en el mural. A pesar de que el estudio se llevó a cabo durante el mes de mayo, temporada de mayor sequía en la región, el modelo en 3D puso de manifiesto que hay una importante concentración de humedad en la parte posterior del muro de *Los Bebedores* (Fig. 8). Un registro similar a realizarse en un futuro durante la temporada de lluvias permitirá observar el desplazamiento de la concentración de humedad en el muro que soporta la pintura mural.

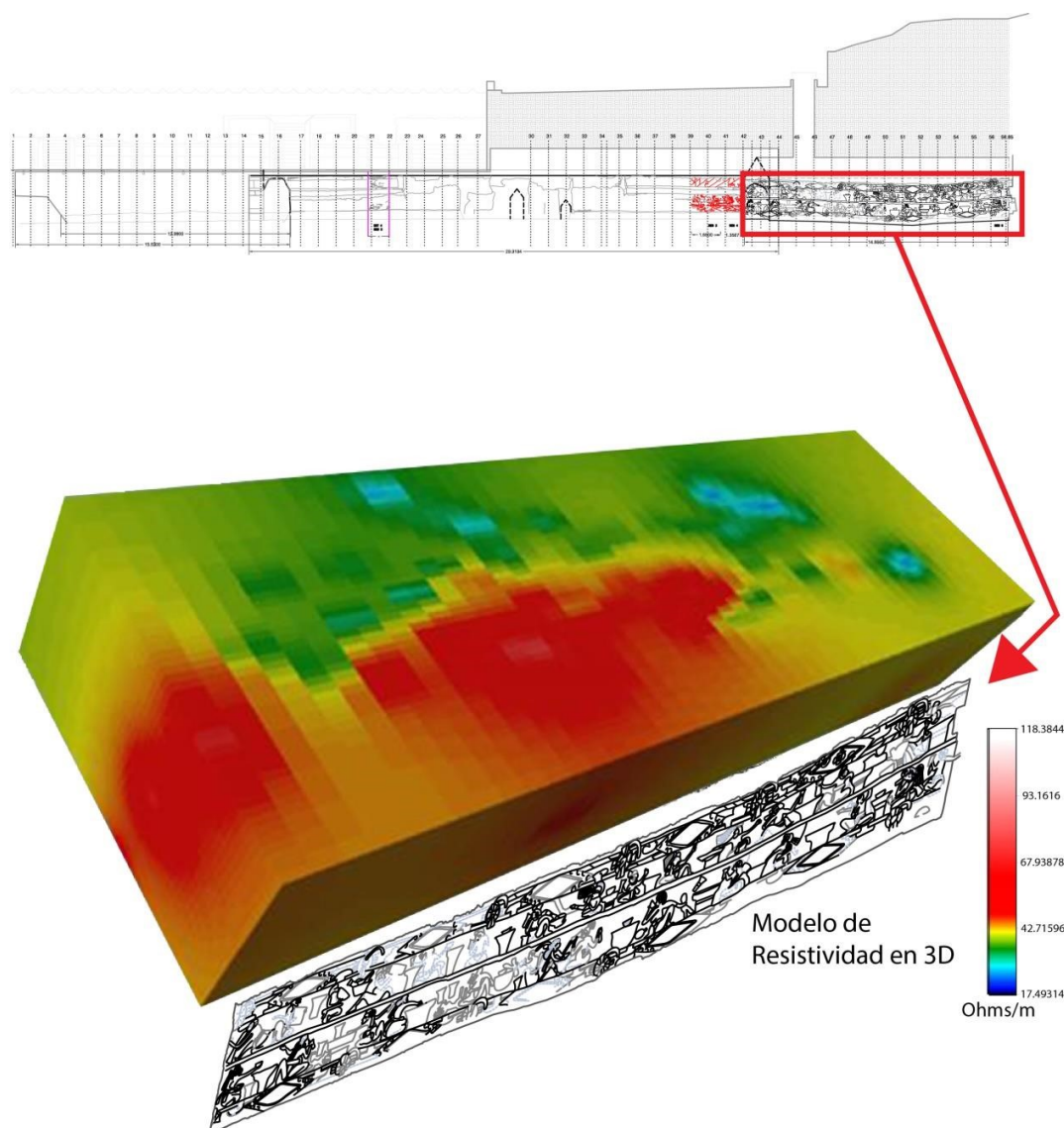


Figura 8. Imagen de resistividad 3D del muro de *Los Bebedores* en un rango de profundidad entre 1.50 y 1.90m donde claramente se observan dos áreas con diferente resistividad eléctrica. (Plano INAH-GCI 2009, Imagen 3D: Ortega y Villa).

3.4. Análisis de las condiciones ambientales y de humedad en la superficie.

Este estudio se desarrolló con el objetivo de conocer el comportamiento de la humedad en el lapso de varios años, a partir de comparar los registros realizados del 2006 a la fecha. Conocer las modificaciones en la humedad ambiental y de la superficie del mural aportó información para entender el proceso activo de deterioro. Para ello se compararon los resultados del monitoreo desarrollado por el proyecto de colaboración INAH-GCI (2006 al 2008)⁴ con el registro desarrollado por el proyecto en curso (2011-2015).

El monitoreo de humedad relativa en el ambiente se desarrolló empleando seis dataloggers Rotronics Hygrolog-D en sectores representativos de las condiciones a lo largo de los túneles (2006-2008), y cuatro dataloggers USB, marca HUATO, modelo HE-173 (2015)⁵.

La medición de humedad en la superficie se realizó calculando la relación entre el porcentaje de la presión de vapor actual y la presión de saturación de vapor en cada posición a partir de mediciones de temperatura y humedad con un equipo manual Vaisala HM34 y un termómetro digital infrarrojo Mikron IR Man, de noviembre del 2006 a noviembre del 2008 (6). Para el registro del 2015 se empleó un termómetro infrarrojo marca HUATO, modelo HE8830, mientras que las lecturas de humedad y temperatura ambiental se tomaron de lo reportado por el datalogger más cercano.

Un análisis somero de los resultados señaló un claro incremento en la humedad del ambiente y en la superficie de los registros desarrollados entre 2006-2008 y aquellos del 2015. Los niveles de humedad relativa entre el 2006 y 2008 se mantuvieron en general en un rango entre 78% a 83%, mientras que las lecturas durante el 2015 registraron un rango entre 80.5% y 99.9%. Por su parte, los resultados 2006-2008 reportan una humedad en superficie estimada de 77% a 79%, similar a lo largo de la superficie del mural, mientras que los cálculos del 2015 señalan igualmente un incremento y un mayor rango de variación de 67% a 100%, siendo este último constante y frecuente en varios sectores de la superficie del mural⁶.

3.5. Evaluación de los tratamientos aplicados por el proyecto entre 2009 y 2012.

Este apartado se desarrolló para evaluar el comportamiento de los tratamientos aplicados en la pintura y su soporte en relación con la importante presencia de humedad que se registra en este espacio. Se evaluaron el proceso empleado en la eliminación de sales en la superficie, el material empleado como pasta para inyectar oquedades y re-adherir desprendimientos del soporte, así como el uso de diferentes materiales para los resanes aplicados en substitución de aquellos de la primera intervención (1969-1970).

El proceso para la eliminación de sales se concentró en la remoción de yeso, por ser estas las reportadas como más abundantes, y en donde las intervenciones anteriores con cemento,

⁴ El programa de monitoreo ambiental se desarrolló por los científicos Maekawa y Beltran del Instituto Getty de Conservación.

⁵ En este documento se consideran únicamente los resultados del monitoreo del 2015 comprendido entre mayo y julio.

⁶ La humedad superficial a la que se hace referencia para el 2015 incluye únicamente los resultados del monitoreo comprendido entre mayo y julio, fechas durante las que se desarrolló la temporada en campo que permitió contar con el personal para llevar a cabo las lecturas necesarias.

así como los revestimientos de los túneles que albergan al mural aportaron el sulfato para la formación de esta sal. El tratamiento incluyó la aplicación de papetas de celulosa impregnadas con carbonato de amonio. Para evaluar su efectividad se identificaron las sales que cristalizaron después de realizar el tratamiento de remoción. Análisis a la gota reportaron la presencia de sulfatos en la mayoría de los casos, carbonatos y nitratos en eventuales ocasiones. Mientras tanto, la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) identificó yeso, confirmando así la presencia de sulfatos (17, 18). Las sales se reportaron en resanes nuevos aplicados en 2011 y 2012, así como en áreas donde ya se había realizado la eliminación de sales del 2009 al 2012. En consecuencia, se determinó que la humedad sigue penetrando al interior del edificio y acarreando sales hacia la superficie; el proceso de migración de sales está activo y fuera de control en tanto la filtración de humedad del exterior hacia el interior del edificio no se controle.

La pasta para inyectar oquedades en el soporte de adobe se evaluó con probetas del material empleado a base de diferentes proporciones de tierra, microesferas de vidrio S22, arena e hidroxipropilcelulosa de nombre comercial Klucel G™ disuelta en agua en concentración del 1% (no más de 2.5 v: 5 v: 1 v: y 2 v). La pasta empleada para inyectar oquedades mostró en todas las diferentes preparaciones una separación de fases por sedimentación y formación de una película en superficie de carácter hidrófobo, fundamentalmente compuesta por las microesferas. En consecuencia este material no cumple con el objetivo para el que se aplica, y altera la permeabilidad al interior de los muros, lo cual obligó a buscar otras opciones.

Por su parte, la permeabilidad de las pastas nuevas, a base de tierra y Kulcel G™, empleadas para substituir los resanes previos a base de cal-arena-polímero sintético se probó midiendo el tiempo que tardaba en ser absorbida una gota de agua en la superficie de resanes de la intervención previa y de la actual, y comparándolos con la superficie original⁷. La absorción del soporte original de adobe (1-2 s) y la de los resanes nuevos (2 s) resultó similar, a diferencia del comportamiento de resanes de cal-arena-polímero sintético aplicados en la intervención de 1969-1970 (4-20 s).

CONCLUSIONES:

Los estudios realizados abordan aspectos fundamentales para entender la alteración en curso de la pintura mural de *Los Bebedores* como resultado de las alteraciones provocadas por el agua en el edificio, en el soporte de adobe y tierra y en la misma capa pictórica. El material que compone los adobes y sus juntas tiene un aspecto y comportamiento heterogéneo, pero su composición elemental y mineral es similar. Adobe y juntas son susceptibles a la afectación por interacción con agua, especialmente frente al flujo de agua que arrastra al material fino que se encarga de brindar plasticidad y cohesión. La actual

⁷ Las mediciones se realizaron en la superficie de cada uno de los seis muros donde se distribuyen *Los Bebedores*, en resane de intervención anterior, en resane actual y en área donde el soporte se encuentra expuesto. La prueba se repitió 3 veces en cada una de esas áreas y a pesar de que la metodología aplicada es difícilmente verificable, los resultados proporcionan una referencia del comportamiento de la superficie del mural respecto a la absorción de agua.

interacción de los adobes y juntas con el agua es inconveniente y provoca en el muro deterioros activos. El problema se ha agravado a la fecha debido a que la humedad se ha incrementado notoriamente en comparación con los registros realizados hasta el 2008 debido a la suma de factores: desde una ubicación en el contexto espacial que no le favorece, intervenciones inadecuadas de arqueología y restauración, así como insuficiente mantenimiento del exterior del edificio que prevenga la filtración de agua al interior del mismo. En conclusión, el problema de conservación que se observa en el mural no se debe a las características de la pintura, es resultado de un sistema que incluye la totalidad del Edificio 3 y que no funciona correctamente en la actualidad.

Es en consecuencia necesario que el proyecto en curso del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México ponga énfasis en completar el diagnóstico del incremento de humedad en el edificio que alberga al mural de *Los Bebedores* y a través de un equipo interdisciplinario implemente acciones de conservación basadas en el análisis de la información ya obtenida. La propuesta de conservación deberá apostar por el control del agua al interior del Edificio 3 para evitar la inadecuada interacción entre esta y los materiales de adobe y sus juntas. Lo anterior permitirá asegurar la preservación de este patrimonio y señalar las medidas de mantenimiento que garanticen a futuro el sano comportamiento del edificio.

La experiencia del estudio de este caso específico permite comprender de manera cuantitativa el deterioro y así proponer una metodología para el estudio de otros sitios construidos con tierra y desarrollar estrategias para la conservación de este tipo de patrimonio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gendrop, P. (1971). Los murales de Cholula. En *Artes de México*, vol. 18, no. 144, Año XVIII, México, p. 41.
2. López, T. y D. M. Grimaldi. (2007). Resumen de los tratamientos realizados en las pinturas murales de la Zona Arqueológica de Cholula, Puebla (1967-1970), Archivo de la CNCPC- INAH, México.
3. Grimaldi, D. M. (2015). El registro de la forma en el Mural de los Bebedores (Cholula). En *CR Conservación y Restauración*, No 6, México.
4. Marquina, I. (1971). La Pintura en Cholula. En *Artes de México, Cholula Ciudad Sagrada*, no. 140, Año XVIII, p. 25.
5. Huerta, A. (1990). Informe de la Investigación de Materiales de la Zona Arqueológica de Cholula, Puebla, Dirección de Restauración del Patrimonio Cultural- INAH. México.
6. Myers, C. y D.M. Grimaldi. (2009). Report on the evaluation of past treatment; collaboration project INAH-GCI, Archivo de la CNCPC-INAH, México.
7. Grimaldi, D. M. y C. Castro (2009). Plan de trabajo del proyecto de conservación e investigación de la pintura mural de la Zona Arqueológica de Cholula para la temporada 2009, Archivo de la CNCPC-INAH, México.
8. Pérez, N. et al. (2015). Unraveling the Core of The Gran Pirámide From Cholula, Puebla. A Compositional and Microstructural Analysis of the Adobe. En *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, vol. 1656, © Materials Research Society DOI: 10.1557/opl.2015.3.
9. Guggenheim, S. y Martin R.T. (1995). Clays En *Clay Miner.* 43, p. 255.

10. Horn, R. et al. (1994). *Soil & Tillage Research*, 30, 187.
11. Wan, Y. y J. Kwong. (2002). *Eng. Geol.*, 65, p. 293.
12. Wesley, L. (2009). Obras y Proy. En *Rev. Ing. Civ.*, 6, p. 5.
13. Doat, P. et al. (1990). *Construir con tierra tomo II*. CRATerre y fondo Rotatorio Editorial, Bogotá.
14. (1982). Tecnología de construcción de tierra sin cocer. En *CONSECAL Revista Especializada en Espacios Educativos*, p. 1-100.
15. Bendakir, M. et al. (2011). Une collaboration exemplaire pour la conservation et la mise en valeur du site archéologique de Mari (Syrie). En Rainer, Leslie H., Angelyn Bass Rivera, and David Gandreau, eds. *Terra 2008: Proceedings of the 10th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage, Bamako, Mali, February 1-5, 2008*. Los Angeles, CA: Getty Conservation Institute. p.152.
http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/terra_2008
16. Dehkordi, M. H., et al. (2011). The Archaeological Site of Konar Sandal, Jiroft, Iran: Conservation of Earthen Architecture. En Rainer, Leslie H., Angelyn Bass Rivera, and David Gandreau, eds. *Terra 2008: Proceedings of the 10th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage, Bamako, Mali, February 1-5, 2008*. Los Angeles, CA: Getty Conservation Institute. p.184.
http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/terra_2008
17. Arciniega, A. (2013). Evaluación de tratamientos y materiales aplicados. En Grimaldi D.M. et al. Informe del Proyecto de Conservación e Investigación de la Pintura Mural de la Zona Arqueológica de Cholula, Puebla, temporada de campo 2013, Archivo de la CNCPC-INAH, México
18. Baglioni, P. y R. Giorgi. (2011). Reporte de los resultados de los análisis con espectroscopía infrarroja en el sitio arqueológico de Cholula, Puebla, Archivo de la CNCPC-INAH, México.

Dulce María Grimaldi Sierra: Restauradora por la ENCRyM, México, con maestría en ciencia aplicada a la conservación por la Universidad de Queen's, Canadá. Actualmente desarrolla proyectos de conservación de acabados arquitectónicos en zonas arqueológicas, así como conservación de material arqueológico en México y en Egipto, para el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Pérez, Nora: Ingeniera química con maestría en ciencia e ingeniería de materiales por la UNAM, México. Actualmente colabora como consultora científica del Seminario-Taller de Restauración de Obra Mural de la ENCRyM-INAH y es responsable del Laboratorio de Conservación, Diagnóstico y Caracterización Espectroscópica de Materiales de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural.

José Ortega Ramírez: Ingeniero geólogo por el Instituto Politécnico Nacional de México y recibió título de maestría (1985) y doctorado (1992) por la Universidad Luis Pasteur de Estrasburgo, Francia. Actualmente es investigador responsable del Laboratorio de Geofísica del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Luis Ángel Villa Alvarado: Ingeniero geofísico por la UNAM, especialista en exploración petrolera y profesor de "Procesamiento de Datos Geofísicos" en la Facultad de Ingeniería de la UNAM (2008-2010). Actualmente colabora en el Laboratorio de Geofísica del Instituto

Nacional de Antropología e Historia de México, realizando prospección geoelectrica y georadar de penetración terrestre.