



PRESERVACIÓN Y MANTENIMIENTO EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO DE LA JOYA, VERACRUZ, MÉXICO

Annick Daneels¹, Aarón David Piña Martínez²

Instituto de Investigaciones Antropológicas¹ – Posgrado en Estudios Mesoamericanos, Facultad de Filosofía y Letras-Instituto de Investigaciones Filológicas² de la Universidad Nacional Autónoma de México, México.

¹annickdaneels@hotmail.com; ²ngata_hll@hotmail.com

Palabras claves: arqueología, arquitectura de tierra, trópico húmedo, patrimonio, prehispánico

Resumen

El sitio arqueológico de La Joya se ubica en la región Centro-Sur del estado de Veracruz, México, dentro del área denominada como la Costa del Golfo. Cronológicamente el sitio fue habitado desde el Preclásico Inferior (1300-800 a. C.), pero las construcciones monumentales datan en su mayoría del periodo Clásico (0-1000 d. C.).

En la planicie costera del Golfo, la falta de piedra llevó a las sociedades prehispánicas a construir con tierra apisonada, alcanzando las estructuras principales alturas de entre 22 m y 35 m. Dentro de esta tradición arquitectónica está el sitio de La Joya, registrado desde 1937 por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, y a partir de 1981 investigado como parte del proyecto “Exploraciones en el Centro de Veracruz”. Por casi un siglo el sitio ha sido usado por los habitantes modernos como banco de materia prima para la fabricación de ladrillo y para la nivelación de terrenos. El levantamiento topográfico realizado en 2004, año en que iniciaron las excavaciones arqueológicas, mostró una afectación del 95% con respecto a 1937.

En 2008 se libera la fachada Oeste de la subestructura de la pirámide principal. A partir de 2009 se inició un programa de mantenimiento y preservación de este vestigio, para protegerla de los temporales como huracanes, lluvias torrenciales y vientos invernales, causando fuerte variaciones en la humedad ambiente y capilar, y en la temperatura a lo largo del año. El ambiente es además favorable al desarrollo de vegetación y fauna invasiva que debilitan a la estructura. Para los trabajos en el edificio se ha contado con la participación de arqueólogos, arquitectos restauradores (Luis Fernando Guerrero Baca) y biólogos en campo, además de químicos y físicos en laboratorio, para identificar la composición de rellenos, adobes, aplanados y pisos, así como del aglutinante orgánico usado en tiempos prehispánicos y para encontrar la manera eficiente de controlar el deterioro en la arquitectura de tierra prehispánica expuesta en el trópico húmedo costero del Golfo de México.

Conforme a las normas y principios de la restauración y conservación, las estrategias que se han utilizado cumplen con el principio de reversibilidad. Se han hecho pruebas de preservación por medio de capas de sacrificio aplicadas sobre un recubrimiento de geotextil. Los experimentos incluyeron capas tratadas con materiales naturales: mucílagos de nopal, guácima y escobilla, y aceite vegetal. Se optó finalmente por el uso de polímeros vinílicos sintéticos en polvo e hidrofugantes (producto que repele el agua) de silicones en polvo, mezclados directamente en el lodo de la capa de sacrificio; e hidrofugantes líquidos por aspersión en la capa ya aplicada. Los resultados obtenidos durante el monitoreo continuo han revelado una respuesta favorable en la interacción entre el vestigio, los recubrimientos y las condiciones meteorológicas normales, aunque la afectación biótica, principalmente de la flora, y los fenómenos extraordinarios como huracanes son factores significativos de deterioro de la capa de protección, que son aún temas de investigación. De la solución a estos problemas depende la posibilidad de abrir el sitio al público, como parte de un centro cultural.

1. INTRODUCCIÓN

Los trabajos de preservación de arquitectura de tierra en México se han centrado principalmente en las zonas desérticas del país, como en Paquimé (Chihuahua). En la planicie costera del Golfo el clima es de tipo Aw en la clasificación de Köppen, cálido subhúmedo con lluvias (1500-2000 mm anuales) principalmente en verano y escasas en

invierno, temperaturas medias anuales de 22-26°C, con el mes más frío arriba de 18°C (García, 1970). Por esto, si bien la arquitectura de tierra de la Costa del Golfo era conocida, en vista de las condiciones ambientales adversas se planteaba que sólo se trataba de montículos levantados para salvaguardar de las inundaciones unas habitaciones sencillas de madera y palma.

Esta preconcepción contrastaba con la evidencia de que en la Costa del Golfo se desarrollaron sociedades complejas desde muy temprano, destacando los Olmecas (1200-400 a. C.), seguido en el periodo Clásico (0-1000 d.C.) por grupos sociales denominados como *culturas del centro de Veracruz*. Aquellas sociedades estatales, cuando se asentaban en la planicie costera de las cuencas de Veracruz y de Coatzacoalcos, construyeron sus edificios a base de tierra apisonada que configuraban trazas plenamente mesoamericanas, caracterizadas entre otros rasgos por el uso de plazas con pirámides, plataformas y canchas de pelota. Pero se carecía de excavaciones extensivas para entender la arquitectura.

La Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Instituto de Investigaciones Antropológicas, inició a partir de 2004 un proyecto académico para entender la cronología y función de esta arquitectura monumental de tierra. Se escogió el sitio de La Joya por hallarse ya muy deteriorado por la extracción de tierra de las ladrilleras que producen desde los años 30 material de construcción para la ciudad y puerto de Veracruz.

Las excavaciones revelaron una riqueza inesperada de evidencia arqueológica y arquitectónica, con una secuencia del 200 a.C. al 1000 d.C. Como el proyecto contemplaba una excavación total (en vista del alto grado de deterioro del sitio), al hallar parte de una subestructura bajo la pirámide, ésta se liberó de manera completa (Daneels, Guerrero, 2011, 2012b). Sin embargo, al dar parte del hallazgo, el Instituto Nacional de Antropología e Historia consideró recomendable hacer un esfuerzo de preservación. El problema es que en México no se tienen antecedentes para el control del deterioro de este tipo de arquitectura en el trópico húmedo (la única estrategia era el re-entierro), por lo que se plantearon estrategias de preservación experimentales, siendo un trabajo pionero que busca establecer patrones para la construcción moderna de tierra, así como para los edificios prehispánicos que se encuentren en la misma condición.

Desde un inicio, se descartó la protección mediante techado, aplicada en algunos sitios arqueológicos con arquitectura de tierra como Cacaxtla (altiplano de México), Kaminaljuyú (Guatemala) y Joya de Cerén (El Salvador), ya que genera problemas a mediano plazo y no sería aplicable en nuestro caso de estudio por la altura y orientación de la fachada. Por otra parte, por ser irreversible y provocar exfoliación (Achenza, 2009), se rechazó el uso de consolidantes de tipo tetraetilortosilicato, como se hizo en los sitios arqueológicos Chalchuapa y Tazumal (El Salvador) (Ohta et al, 1997).

Las pruebas experimentales realizadas en La Joya consistieron en la aplicación de una geotela encima del vestigio original, recubierta a su vez de una capa de sacrificio, que se asemeja en color y textura al acabado original, conforme a las recomendaciones de la Carta de Venecia (ICOMOS, 1964), la Carta de Lausana (ICOMOS, 1990) y los principios de restauración (ICOMOS, 2003).

2. ANTECEDENTES

El sitio de La Joya, el caso de estudio, fue reportado por M. Quintero a principios de la década de 1930. En sus reportes ya mencionaba la extracción de tierra para la fabricación de ladrillos (Quintero, 1934; 1935 y 1943). En la segunda mitad de esa década, La Joya tuvo su registro formal por el Ing. A. Escalona, quien en 1937 realizó el primer croquis de los edificios del área política-administrativa, si bien los edificios no tienen cotas de nivel, es apreciable en la escala la monumentalidad de los edificios (Escalona, 1937). Para la década de 1970 el trabajo de las ladrilleras se intensificó y para la década de 1980, a raíz del reporte de daño por la primera autora del presente trabajo (Daneels, 1981), el Centro INAH Veracruz se encargó del seguimiento del trabajo de las ladrilleras en la región Centro-Sur

del estado. Es así que en 1985 I. León excava en La Joya mientras era encargado de dicha región, valorando que sólo quedaba cerca del 50% del sitio (León, 1991).

En 1988, dentro del proyecto arqueológico “Exploraciones en el Centro de Veracruz”, se realiza un levantamiento topográfico (Daneels, 1990), corroborando que el registro de Escalona Ramos era fiable, además de incluir los bajos receptores de agua que rodean a los edificios. En 2004 se calculó que sólo quedaba cerca del 5% del sitio, dato obtenido con el segundo levantamiento topográfico del sitio (Daneels, 2010a, p.3), pues se intensificó la extracción de tierra, pasando del uso del pico al de maquinaria pesada, acelerando el proceso de extracción (Daneels, 2010a, p.3).

Desde finales de 2004 se inició una investigación que contempla “un estudio diacrónico y funcional de la arquitectura de tierra apisonada del primer milenio de nuestra era, en la cuenca baja del Jamapa-Cotaxtla, nuestra área de estudio desde 1981, con el fin de entender la naturaleza del cambio de organización sociopolítica en el ámbito regional.” (Daneels, 2005, p.5). Como resultado de las excavaciones realizadas en aquellas fechas, se lograron reconocer elementos arquitectónicos como muros, pisos y columnas de edificios, además de espacios públicos y privados, siendo el primer acercamiento directo a la organización social dentro del área política-administrativa del sitio arqueológico.

A partir de 2005 y hasta 2008 se excavó la subestructura de la pirámide principal del sitio, liberando la fachada Oeste, conservándose parte de 6 cuerpos al Norte y 2 al Sur, así como una amplia escalinata de 18 escalones delimitados por alfardas. El resto de la estructura (96%) ya había sido destruida para la fabricación de ladrillo, pero se pudo aun determinar el contorno de la planta del edificio, lo que permitió realizar la reconstrucción de una pirámide de 4 escalinatas (Guerrero; Daneels, 2012, p. 431, figuras 2 y 3). Tras las lluvias de 2008, el edificio resultó muy afectado principalmente por los escurrimientos, enfrentándose al primer y más agresivo de los fenómenos naturales, que año con año afectaría a toda la arquitectura de tierra prehispánica en la región de trópico húmedo en Costa del Golfo si se interviniera y presentara expuesta. Ante la solicitud del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia, a partir de 2009 se llevaron a cabo los trabajos de preservación en la pirámide por recomendación del INAH (Daneels, 2009).

3. PRESERVACIÓN DE LA PIRÁMIDE

3.1 Primera intervención (2009)

A partir de 2009 comenzaron los trabajos de preservación en la estructura, de manera emergente, al carecer de antecedentes de trabajos similares en la Costa del Golfo. Las afectaciones mayores se dieron durante la temporada de lluvias veraniegas, por el escurrimiento pluvial que va ganando velocidad al llegar a los cuerpos inferiores, excavando grietas profundas, afectación que aumenta a partir de que la pirámide está “banqueada”, porque los ladrilleros excavaron cerca de un metro por debajo del nivel de la superficie original del edificio. Para rellenar las grietas se aplicó manualmente una mezcla de lodo (preparado con la tierra del lugar) y ladrillo cocido fragmentado (para diferenciar el resane del original); la mezcla se compactó por golpeo con cantos rodados (Daneels, 2009).

En el sector Suroeste del edificio se construyó un muro de contención con un tapial de cajón, compactado con pisón de madera. Sobre la fachada se había realizado en 2007 una cala para conocer el sistema constructivo de la estructura, misma que se vio muy afectada con la lluvia; en este caso se construyó un muro de contención con ladrillo crudo y relleno con arena gris. En el sector Norte, el corte de los ladrilleros exponía el relleno del edificio, que presentaba grietas más grandes y profundas, con la dificultad de ser un corte casi vertical (figura 1). Las grietas se rellenaron con ladrillos crudos pegados con lodo formando muros de contención principalmente en la parte baja.



Figura 1. Recubrimiento de fachada por geotela y capa de sacrificio. En la sección Norte (a la izquierda), se observa el corte vertical dejado por los ladrilleros, reforzado por muros de contención de ladrillo crudo (Foto A. Daneels, 30 de marzo 2009).

Una vez se terminaron de cubrir las grietas y de construir los muros de contención, se colocó un recubrimiento de geotextil (poliéster PET non-woven de 275 g/m²). El geotextil tiene como objetivo permitir la interacción de la pirámide con las condiciones de humedad, reduciendo la cantidad de agua de lluvia que penetra y permitiendo la evaporación de la humedad capilar, así como la dinámica natural de expansión-contracción del edificio. Sobre el geotextil se aplicó una capa de sacrificio de limo de 4 cm de espesor aproximadamente. En ella se formaron grietas profundas y gruesas que se resanaron con la aplicación de una mezcla aguada de limo arcilloso y arena, diluido en mucílago de nopal. Finalmente se aplicó un acabado fino de limo, de 1 cm de espesor, sellado por la presión de un rasero (una lámina de plástico PVC) arrastrada sobre la superficie húmeda.

En la sección Oeste, por debajo del nivel de plaza, así como en la sección Este se aplicó una capa de cal apagada. Usamos marcas comerciales localmente distribuidas para la construcción, siendo que en 2009 fue de marca Calidra, del Grupo Calidra. La cal se diluyó en agua y mucílago de nopal, para diferenciar los sectores de cortes de los sectores de fachada, y para la protección de la estructura del escurrimiento de la lluvia. En la sección Sur se excavó un canal de desagüe para evitar que el escurrimiento de agua afecte la sección Suroeste.

Para terminar el tratamiento a la pirámide se aplicó hidrofugante líquido por aspersión (SILRES BS 1001A de la marca Wacker) en una proporción de 250 ml de producto concentrado por 10 l de agua. Al verter agua sobre el edificio el hidrofugante tuvo el efecto esperado: escurrimiento sin humedecer la capa de protección. Por supuesto que las condiciones meteorológicas no se comparan con un poco de agua vertida experimentalmente, por lo que al caer la primera lluvia intensa (50 mm en media hora), la fuerza de las gotas, así como las vibraciones producidas por millones éstas, fueron disgregando la capa superficial, lo que permitió la filtración de agua a la capa de sacrificio.

3.2 Segunda intervención (2010)

Con el fin de consolidar la capa de sacrificio, se empezó en el Laboratorio de Restauración del Instituto de Investigaciones Antropológicas una serie de experimentos utilizando por un lado polímeros vinílicos VINNAPAS 5044N de la marca Wacker, y por otro lado cal apagada (marca UNITIGRE, de BPB UNICO S.A.). Los primeros experimentos comenzaron

con capas de sacrificio con polímero a 8%, por recomendación de la empresa, pero la muestra resultó demasiado compacta; la proporción se redujo al 4%, después al 2% y al final al 1%, siendo esta última muestra la que obtuvo resultados de resistencia a la compresión dentro del rango comprendido en las muestras prehispánicas de pisos, aplanados y adobes. Las pruebas con cal apagada estabilizaron la capa pero tuvieron el problema de producir una película de cal agrietada que vino aflorando en la superficie, mostrando mal aspecto.

Tomando como punto de partida que las muestras prehispánicas no contuvieron cal, en 2010 se optó por aplicar un área experimental en el primer cuerpo Sur de la fachada, con una capa de sacrificio consolidada con polímero vinílico al 1% (del peso) e hidrofugante en polvo (Wacker Polvo D) al 0.3% (del peso). Este recubrimiento fue el que resistió al huracán Karl (Daneels; Guerrero, en prensa). A partir de este resultado fue que se decidió aplicar la misma capa de sacrificio al resto de la pirámide. Además se aplicó por aspersión el hidrofugante líquido sobre toda la pirámide (SILRES BS 1001A de la marca Wacker) en proporción 1/40, igual que en la intervención anterior (Daneels, 2010b).

3.3 Tercera intervención (2011)

Esta temporada permitió analizar y paliar los daños del huracán Karl. La afectación principal fue el colapso de una parte del sector Norte de relleno de la pirámide. El diagnóstico indicó que la razón fue el crecimiento de una maleza de raíz profunda, *Cyperus rotundus*, localmente conocido como zacate de bulbo, presente en el relleno y que nació a través de la geotela (Daneels, Guerrero, en prensa). Las lluvias provocadas por el huracán (250 mm en dos días) pudieron penetrar al relleno a lo largo de las raíces, humedeciendo el relleno y reblandeciendo el muro de contención de ladrillo crudo. Para evitar desplomes de rellenos a futuro en los cortes Norte y Este, más expuestos a los vientos dominantes, se diseñó un talud de contención semicircular que se adosó en el sector Norte y Noreste, construido en 3 cuerpos para facilitar el mantenimiento, pues en la parte superior de cada cuerpo se dejó un andador (figura 2). El material usado fue ladrillo crudo cementado con lodo, y relleno de limo consolidado por aspersión de lechada de cal apagada (marca Piracal, Grupo Calidra) en cada nivel de compactación. Se decidió construir con una base sin esquinas para mejorar la resistencia al viento, así como a las presiones internas. El talud tiene una inclinación de entre 60° y 62°; y cuenta con muros internos para encajonar el relleno. Conforme avanzaba la construcción, se iba rellenado con la tierra del desplome y luego con limo arenoso, compactando con dos pisones: uno de metal para el área en general, y uno de madera para los lugares más cerrados. Este proceso se realizaba cada 3 hiladas de ladrillo para mantener una compactación uniforme; sobre cada apisonada se vertía una ligera capa de cal diluida en agua (Daneels, 2011).

Una vez que se terminó la construcción del talud de contención, se le colocó el geotextil, así como la capa de sacrificio y el resane de grietas, para dejar lo más sellado posible el acabado. Posteriormente se aplicó la capa a base de polímero VINNAPAS 5044N y polvo D mezclado con el lodo, además de arena y paja picada; para terminar el proceso, se resanaron las grietas con una mezcla de polvo de ladrillo (500 g) arena cernida (500 g) y polímero vinílico (16 g), mezcla aplicada con espátula (Daneels; Piña, 2012).

Además, en la parte baja de este talud se aplicaron pruebas de capas de sacrificio consolidadas con agentes naturales: aceite vegetal (aplicado con brocha), (a recomendación de la Arq. Manuela Mattone del Instituto Politécnico de Torino), escobilla y guácima, siguiendo el procedimiento aplicado en dos sitios arqueológicos en El Salvador, respectivamente en Joya de Cerén por el Instituto Getty (Iniciativa Maya, 2000) y Chalchuapa por la Universidad de Kyoto (Ohi; Girón, 2000). Ninguno de estos experimentos resistió adecuadamente a la precipitación de la segunda temporada de lluvias de 2012.



Figura 2. Talud de contención construido en el sector Norte y Noreste, para protección del corte en los rellenos del edificio (Foto A. Daneels, 16 de abril de 2011).

3.4 Cuarta intervención (2012-2013)

Hasta la fecha de este texto la última intervención para la preservación de la pirámide se realizó durante diciembre de 2012 y enero de 2013. Durante esta temporada de campo se trabajó en la afectación del talud de contención Norte por el huracán Ernesto de agosto 2012, así como la construcción de un muro de contención en la fachada Oeste, este último para controlar el deslave por debajo del nivel de plaza. Este talud forma una pendiente que prolonga el nivel de la planta de la pirámide, a fin de distribuir uniformemente el escurrimiento del agua.

El huracán Ernesto provocó violentas precipitaciones (180,1 mm en tres días) que impactaron directamente el talud de contención Norte, con escurrimientos concentrados en el sector Oeste del andador del primer cuerpo, mismo que se derrumbó. El diagnóstico indicó que la cantidad de lluvia sobre el andador fue tal, que alcanzó a penetrar a través de la geotela, lo que reblandeció el primer cuerpo por la filtración de agua. Al iniciar la intervención en diciembre, cuando se empezó a retirar parte del escombros del talud inferior, se colapsó el sector Oeste del cuerpo superior. Para evitar nuevamente el suceso, se colocó una doble capa de geotextil en el primer andador, y un revestimiento de resane (600 g limo, 600 g arena, 60 g VINNAPAS 5044N, por encima de la capa de sacrificio usual. Cabe mencionar que el talud de contención fue vuelto a construir de la misma forma en la que se hizo el primero, pues no fue ésta la causa del colapso.

En el caso del muro de contención Oeste, se comenzó retirando aproximadamente 30 cm de deslave frente a la fachada Oeste, con el fin de retirar las raíces del zacate de bulbo (*Cyperus Rotundus*), pues se ha notado que es el primer factor biótico de debilitamiento de la capa de sacrificio, así como el agente que permite la filtración (Daneels; Guerrero, en prensa). Una vez retirado el deslave, se aplicó por aspersión el herbicida Kator 80 PH de la marca VELSIMEX, producto que en principio debería evitar el crecimiento de dichos zacates y cualquier otra planta (se puede adelantar que este pronóstico no se cumplió). Se continuó con la metodología de trabajo en el muro de contención, con una planta oval hasta los límites de la cerca al Oeste, Norte y Sur que delimita el área de la pirámide protegida por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, con una inclinación regular de 18° a 24°, que prolonga el ángulo de inclinación del nivel de la planta de la pirámide. Para trabajar la

compactación del relleno de mejor manera, se construyeron 12 cajones compuestos por 5 muros internos que corren desde la pirámide hacia los límites de la rampa y un arco entre el edificio y dichos límites (figura 3). Una vez contruidos, rellenados con limo humedecido con aguacal (Calhidra ConstruCalli, de Grupo Bertran) y compactados los cajones, se colocó el geotextil y la capa de sacrificio de lodo, arena, paja picada, polímero VINNAPAS 5044N al 0,75 y polvo D al 0,3%.



Figura 3. Muro de contención Oeste en la fachada de la pirámide para distribuir el agua y evitar afectación a la estructura (Foto A. Daneels, 24 de enero de 2013).

Durante esta temporada también se realizaron muros de prueba con ladrillos mezclados con mucílagos de malva (*Sida rhombifolia* L.), guácima (*Guazuma ulmifolia*), emulsión de bitumen en bloque y emulsión asfáltica comercial (Imper Top “A” de la marca COMEX). Estos muretes, contruidos al Oeste de la pirámide, servirán para experimentar la interacción del medio con las diferentes muestras, sobre todo con la lluvia y el viento.

Por otro lado, para calcular el coeficiente de expansión-contracción del vestigio, se midió con estación total 14 puntos de referencia colocados en la pirámide, con el fin de observar si había cambios entre el periodo de mayor sequía (abril 2012), el de mayor humedad (octubre 2012) y un momento intermedio (enero 2013). Los resultados obtenidos en 9 de los puntos mostraron que la expansión y contracción del edificio es pequeña, del orden de 0,4% en sentido vertical (variación de 2,5 cm a 3 cm sobre una altura de 8.26 m entre los puntos de referencia inferiores y superiores), y menos del 0,06% en sentido horizontal (menos de 1 cm para una distancia de 17,02 m entre los puntos de referencia de los extremos Norte y Sur). Sin embargo, es posible que en algunas medidas las diferencias sean producto de la manera en que se nivela el prisma al momento de tomar la medición con la estación total.

Por lo tanto, hasta el momento los mediciones no son concluyentes para derivar un coeficiente preciso: será necesario continuar con el monitoreo cuando menos otro año más. Pero ya puede anticiparse que el coeficiente de expansión contracción parece ser muy bajo, o sea que hay muy poca diferencia entre el tamaño de los restos arqueológicos en temporada seca y en tiempo de lluvia, lo que es alentador para los esfuerzos de preservación.

4. ANÁLISIS CRÍTICO

El trabajo realizado para la protección de la pirámide del sitio de La Joya es el resultado de cuatro temporadas de experimentación (2009, 2010, 2011 y 2012-2013) para desarrollar una capa de sacrificio conforme a las normas nacionales e internacionales de conservación y adecuada para proteger el vestigio arqueológico de las inclemencias del clima tropical húmedo que impera en la región. Todas las pruebas aplicadas durante estas temporadas siguen sin alterar la estructura original, ya que las capas de sacrificio se aplican sobre un geotextil que cubre el edificio prehispánico e impide el contacto de los productos utilizados con el material original. El monitoreo indica que el recubrimiento combinando proporciones mínimas de polímero vinílico e hidrofugante ofrecen una protección adecuada para las condiciones climáticas, mientras éstas queden dentro de los rangos normales. En los casos de huracanes, como Karl 2010 y Ernesto 2012, la violencia de los vientos combinados con la precipitación genera condiciones extremas que el recubrimiento no resiste. En el caso de Karl el problema diagnosticado fue la invasión de maleza que permitió que la lluvia penetrara al núcleo por debajo del geotextil, lo que provocó el colapso de una parte del relleno. En el caso de Ernesto, donde la invasión de maleza ya había sido controlada, fue el golpe directo de agua sobre el talud de contención Norte y el escurrimiento al nivel del andador que permitió el paso de humedad al relleno del talud, provocando el reblandecimiento del relleno del muro de contención y su subsecuente colapso.

Esto nos lleva a considerar que la capa de sacrificio desarrollada es viable para la preservación de arquitectura de tierra en ambientes tropicales húmedos, pero que en condiciones climáticas extremas (como los huracanes) es necesario anticipar en cuáles puntos puede concentrarse la fuerza mecánica de los elementos, para entonces desarrollar soluciones arquitectónicas en esos puntos vulnerables. Un problema sin solución clara de momento es el control de los agentes de bioturbación que afectan a la capa de sacrificio y a la arquitectura en general: vegetación (maleza, algas, hongos y líquenes), insectos (hormigas, avispas y moscas) y animales mayores (roedores y reptiles).

De manera paralela a las intervenciones se continúa con los estudios de las muestras prehispánicas mediante sedimentología, petrografía, difracción y fluorescencia de rayos X y microscopía electrónica de barrido. Para la identificación de los aglutinantes se aplican, sobre fragmentos estructurales y sobre extractos, análisis de FTIR (espectroscopía de infrarrojos por transformada de Fourier), cromatografía de masas y resonancia magnética nuclear. Los resultados obtenidos están ayudando a reconstruir la tecnología prehispánica, lo que en principio debería permitir desarrollar alternativas de preservación más afines a la tecnología antigua y proponer aplicaciones en la construcción moderna de tierra cruda.

5. REFLEXIONES FINALES

Es necesario recalcar que en el ámbito de México las intervenciones realizadas en La Joya representan un trabajo pionero de preservación de arquitectura de tierra prehispánica en el trópico húmedo. Por las características propias del vestigio se optó por no cubrirlo mediante un techo como es el caso de Cacaxtla, Kaminaljuyú y Joya de Cerén, en parte por los problemas que crean los techados, también por respetar las visuales que requiere la fachada de una pirámide, y finalmente por el problema de colocar un techo para cubrir un vestigio que se alza hasta 9,7 m por encima del terreno circundante, con una inclinación que lo haría particularmente vulnerable a los vientos dominantes del Norte y a los huracanes. Los únicos casos donde se intentó una consolidación de una capa de sacrificio para arquitectura expuesta es en Chalchuapa y Tazumal, donde aplicaron un producto consolidante parecido al tetraetilortosilicato, producto que en el ámbito de la preservación de arquitectura de tierra ha sido recientemente declarado como no recomendable (Achenza, 2009).

La investigación de las muestras prehispánicas sugiere la presencia de un aglutinante que tuvo efectos de polimerización, por lo tanto se considera justificable utilizar una capa de sacrificio consolidada con muy bajas proporciones de polímeros vinílicos artificiales,

mientras se continúa con la investigación enfocada a identificar la tecnología prehispánica. Tal como está, la capa de sacrificio desarrollada es conforme a los requisitos enunciados en la Carta de Venecia y los principios de restauración de 2003: es reversible, no sella el núcleo, la apariencia es cercana al original. Se reconoce que no cumple con el criterio de autenticidad, en el sentido que sólo proporciona una copia de la apariencia original, pero esta opción se considera preferible a la aplicación sobre superficies originales de los productos actualmente disponibles, que no sería reversible (silicatos y acrílicos).

En la medida que todos los procedimientos y el monitoreo han quedado debidamente documentados, y que los resultados son el objeto de publicaciones en revistas especializadas del área, se considera que el proyecto representa una aportación significativa en el estudio y preservación de la arquitectura de tierra en el trópico húmedo (Daneels; Guerrero 2010, 2011, 2012a y 2012b; Daneels et al, 2009 y 2010; Guerrero; Daneels, 2012; Liberotti; Daneels, 2012; Kita et al., 2013).

AGRADECIMIENTOS

El proyecto del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México recibió financiamiento de la misma universidad, del Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico de la UNAM (Becas Nacionales 2007) y del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) en 2005-2008 (PAPIIT IN305503), en 2009-2011 (PAPIIT IN405009) y en 2012-2014 (PAPIIT IN300812), así como de la Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies, Inc. (FAMSI 07021, en 2007), Dumbarton Oaks (2007-2008) y Conacyt (Fondo Institucional 90636, en 2009).

Los análisis estructurales de materiales constructivos prehispánicos se realizaron por los siguientes miembros del proyecto: en la UNAM: M. C. M. Reyes: absorción, densidad, análisis microscópico, Laboratorio de Restauración, y M. C. C. Adriano: análisis microscópico de restos botánicos para identificar maderas de techado y desgrasante de aplanados, Laboratorio de Paleoetnobotánica, Instituto de Investigaciones Antropológicas; Dr. A. Maciel: resistencia a la compresión de los aplanados, y Dr. M. A. Canseco, FTIR, Instituto de Investigaciones Materiales; Dr. L. Silva: petrografía y láminas delgadas, y Dr. P. Girón: fluorescencia y difracción de rayos X en rellenos, adobes, aplanados y pisos, y en sus fracciones finas, Instituto de Geología; Dr. H. Gómez and técnico I. Puente: Microscopio electrónico de barrido, Facultad de Química; Dr. Em. A. Romo de Vivar: FTIR, RMN, Cromatografía de Masas, en extractos de adobes y aplanados, Laboratorio de Productos Naturales del Instituto de Química; en la Universidad de Tamaulipas: Dr. R. Roux: sedimentación, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, resistencia a la compresión of rellenos, adobes, y aplanados, Laboratorio de Análisis Materiales de la Facultad de Arquitectura.

Las excavaciones arqueológicas, las intervenciones de preservación y los estudios de muestras estructurales prehispánicas contaron con los permisos del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achenza, M. (ed.) (2009). *Experts workshop on the study and conservation of earthen architecture and its contribution to sustainable development in the Mediterranean region: final report. Villanovaforru, Sardegna, Italy, 17-18 March 2009*. Getty Conservation Institute, Los Angeles/CRATerre-ENSAG, Grenoble/UNESCO-ICOMOS, Paris: ICOMOS Documentation Center. Disponible en <http://ebookbrowse.com/mediterranean-finalreport-pdf-d18766285>.

Daneels, A. (1981). Exploraciones en superficie en el Centro de Veracruz. Informe General presentado ante el Consejo de Arqueología. Exploraciones en superficie en el Centro de

Veracruz. Informe General presentado ante el Consejo de Arqueología. México: Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (1990). Exploraciones en el Centro de Veracruz. Quinta temporada. Prospección y levantamiento topográfico en el Centro de Veracruz. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (2005). Temporalidad y función de la arquitectura de tierra. Temporada IX, informe parcial, Exploraciones en el Centro de Veracruz. México: Archivo Técnico de la Coordinación de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (2009). Informe técnico parcial de la propuesta para la preservación de la pirámide de La Joya, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (2010a). Informe de diagnóstico de daños ocasionados por el paso del huracán Karl sobre el sitio arqueológico de La Joya, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz., México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (2010b). Informe técnico parcial de la segunda serie de pruebas en la propuesta para la preservación de la pirámide de La Joya, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Temporada XII. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Daneels, A. (2011). Informe de intervención para paliar los daños ocasionados por el paso del huracán Karl sobre el sitio arqueológico de La Joya, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Veracruz: Centro INAH Veracruz.

Daneels, A.; Guerrero, L. F. (2010). Espacios habitables prehispánicos construidos con tierra en la costa veracruzana. En *El espacio habitable y la cultura local, V Cátedra Nacional de Arquitectura Carlos Chánfón Olmos*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 624-646.

Daneels, A.; Guerrero, L. F. (2011). Millenary earthen architecture in the tropical lowlands of Mexico. *APT Bulletin* (Association for Preservation Technology) New York: Mount Ida Press, pp. 11-18.

Daneels, A.; Guerrero, L. F. (2012a). Earthen building techniques in the humid tropics: The archaeological site of La Joya, Veracruz, Mexico. En *Nuts and bolts of construction history. Culture, technology and society*. Paris, Éditions Picard, Vol. 2, pp. 354-358.

Daneels, A.; Guerrero, L. F. (2012b). La Joya, Veracruz: un sitio prehispánico construido con barro crudo. *Intervención. Revista internacional de conservación, restauración y museología*. México: Encrym – Churubusco, Año 3, Vol. 6, pp. 34-43.

Daneels, A.; Guerrero, L. F. (en prensa). The La Joya Earthen Pyramid after hurricane Karl, September 2010, on the Gulf coast of Mexico. En *Proceedings TERRA 2012*. Lima: PUCP.

Daneels, A.; Guerrero, L. F.; Roux, R. (2009). Labores preliminares de conservación de la pirámide de La Joya, Veracruz, México. En *Arquitectura de tierra y habitat Sostenible (VIII Seminario Iberoamericano de Construcción de Tierra y II Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción de Tierra)*. Tucumán: CRIATIC-FAU-UNT, pp. 404-411.

Daneels, A.; Guerrero, L. F.; Roux, R. (2010). Caracterización de los materiales y sistemas constructivos de tierra en la ciudad prehispánica de La Joya, Veracruz, México. En *Terra, un seminario. 6° Seminario Arquitectura de Tierra en Portugal, 9° Seminario Iberoamericano de Construcción y Arquitectura de Tierra*. Lisboa: editorial Argumentum, pp. 64-68.

Daneels, A.; Piña, D. (2012). Segundo informe técnico parcial: preservación y monitoreo, de la propuesta para la preservación de la pirámide de La Joya, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, proyecto 2011, parte de la temporada XIII del proyecto "Exploraciones en el Centro de Veracruz México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Escalona, A. (1937). Ruinas de "El Tejar". Informe rendido a Luis Rosado Vega, Director Jefe de la Expedición Científica Mexicana, acerca de diversos trabajos de exploración en las Ruinas arqueológicas de El Tejar, Veracruz. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

García, E. (1970). Los climas del estado de Veracruz (según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por la autora). *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 41, *Serie Botánica* 1, pp.3-42.

Guerrero, L. F.; Daneels, A. (2012). La construction en terre crue dans les tropiques humides: un cas archéologique exceptionnel au Vêracruz, Mexique. En *XXVII Assemblée Générale de l'ICOMOS 2011, Paris, Thème n°2 «Le retour à l'Art de bâtir»*. Disponible en <http://icomos.org/en/component/content/article?id=477:icomos-17th-general-assembly-scientific-symposium-proceedings>, pp. 422-430.

ICOMOS (1964). *Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios*. Venecia: ICOMOS. Disponible en http://www.icomos.org/charters/venice_sp.pdf.

ICOMOS (1990). *Carta internacional para la gestión del patrimonio arqueológico*. Lausana: ICOMOS. Disponible en http://www.international.icomos.org/charters/arch_sp.pdf.

ICOMOS (2003). *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico*. Victoria Falls: ICOMOS. Disponible en http://www.international.icomos.org/charters/structures_sp.pdf.

Iniciativa Maya (2000). Joya de Cerén, El Salvador, campaña de marzo-abril 2000. Analysis of the Structures and Preliminary Assessment. The Getty Conservation Institute y el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Informe inédito. Ciudad de San Salvador: Archivo Técnico del Departamento de Arqueología de la Secretaría de Cultura.

Kita, Y.; Daneels, A.; Romo, A. (2013). Chemical analysis to identify organic compounds in pre-Columbian earthen architecture. *The Online Journal of Science and Technology* 3 (1). Turquía: TOJSAT, pp. 39-45.

León, I. (1991). Proyecto de rescate arqueológico en la región de Medellín, Veracruz. *Boletín del Consejo de Arqueología* 1990. México: INAH, pp. 159-162.

Liberotti, G.; Daneels, A. (2012). Técnicas constructivas en tierra: reconstrucción 3D y análisis químico-físicos en los sitios de La Joya (México) y Arslantepe (Turquía). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 64 (1). México: CONACYT, pp. 79-89.

Ohi, K.; Girón, I. (2000). Los muros de morteros y los materiales para la restauración de la arquitectura de tierra en la zona Casa Blanca. En *Chalchuapa, Informe de la investigación interdisciplinaria de El Salvador (1995- 2000)*, K. Ohi ed.. Kyoto: University of Foreign Studies, pp. 262-266.

Ohta, Y.; Toyoda, M.; Tanaka, Y.; Ohi, K. (1997). TOT, un nuevo consolidante para la conservación de objetos hechos de tierra y piedra. En *Antología de Chalchuapa*, K. Ohi ed. Kyoto: University of Foreign Studies, pp. 69-73.

Quintero, M. (1934). Informe mensual de la visita de inspección en zonas arqueológicas de Laguna, Paso del Toro y El Tejar. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Quintero, M. (1935). Informe mensual de la visita de inspección a Medellín y Tejar, Paso del Toro, así como de la localización de la zona arqueológica de Cocuites. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Quintero, M. (1943). *Informe de las exploraciones practicadas en las zonas arqueológicas de El Tejar, Medellín, Paso del Toro y Laguna*. México: Archivo técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH.

Currículos

Annick Daneels, Arqueóloga (licenciatura y doctorado) por la Universidad de Gante, Bélgica, doctora en antropología por la UNAM, México. Investigadora del Instituto de Investigaciones Antropológicas desde 1998, responsable del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz, desde 2004 estudiando arquitectura de tierra como tecnología prehispánica y patrimonio. Miembro de la Red PROTERRA.

Aarón David Piña Martínez, Arqueólogo por la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente estudiante de maestría en el posgrado en Estudios Mesoamericanos de la Facultad de Filosofía y Letras y el Instituto de Investigaciones Filológicas de la UNAM. Desde 2009 colaborador del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz.