

Adobes prehispánicos fabricados en hoyo: un caso de la costa del Golfo de México

Annick Daneels
Juan Salvador Piña Guido

La construcción con adobes tiene una tradición de casi 6,000 años en el continente americano, tanto en la arquitectura vernácula como la monumental. Igual que en el Viejo Mundo, los más antiguos son modelados a mano, de formas redondeadas. La transición a bloques rectangulares de tamaños estandarizados, presumiblemente hechos en moldes, marca un hito en la profesionalización de la construcción al permitir aparejos más regulares. En América, se reportan adobes de molde de madera hacia principios de la era; sin embargo, como no se han encontrado los moldes mismos, se infiere su uso desde el análisis de ejemplares hallados en contextos arqueológicos, tomando en cuenta la regularidad de su forma, la estandarización de sus tamaños y las improntas dejadas por el molde, usando la analogía con procedimientos de fabricación vernácula histórica o moderna. Con base en el estudio de una serie de adobes rectangulares obtenidos del sitio arqueológico de La Joya, en la costa central del Golfo de México, fechados entre 100 y 700 de la era, se propone que pudieron haber sido elaborados mediante una técnica hasta la fecha no considerada: moldeados en hoyos cavados en la tierra.

Para sustentar la propuesta se presentan tres líneas de estudio: (1) la evidencia arqueológica directa: la forma y las dimensiones de los adobes a lo largo de una secuencia de etapas constructivas, para evaluar su estandarización, y la posición en que están colocados en los muros, (2) la manufactura experimental en molde de madera y en hoyo de ado-

bes de composición similar a los arqueológicos, y (3) la comparación entre ambos (arqueológicos y experimentales) de la forma, las huellas superficiales en las caras y de los efectos de compresión y alisado, a nivel macroscópico y a nivel micromorfológico, a partir de láminas delgadas de secciones transversales y longitudinales. La comparación muestra una mayor similitud entre los adobes arqueológicos y los experimentales hechos en hoyo, principalmente por la presencia de rebabas en la superficie del adobe, su forma ligeramente trapezoidal reduciéndose hacia la base y la falta de estrías de desmolde.

La manufactura de adobes rectangulares regulares en hoyo no se ha reportado previamente y representaría una alternativa para la fabricación estandarizada de módulos de construcción. La importancia del concepto de unidad modular reside en el hecho que subyace a los principios de la arquitectura moderna, basados en conocimientos sólidos, si bien empíricos, de los fundamentos de la ingeniería civil, mismos que implican un cuerpo de especialistas formados en una tradición constructiva formal. Demostrar la producción sistemática de tal unidad en la antigüedad permite por lo tanto definir la arquitectura de tierra monumental en Mesoamérica como una arquitectura formal, y no sólo como una expresión de construcción vernácula o un pálido reflejo de la de piedra.

LA EVIDENCIA ARQUEOLÓGICA DIRECTA

Antecedentes

Haciendo un breve resumen de los autores que infieren el uso de molde para adobes, se pueden citar para Sudamérica los trabajos pioneros de Hastings y Moseley (1975, 198), confirmados más recientemente en la síntesis de Campana (2000, 91–100), quienes proponen, con base en la regularidad del tamaño y las improntas en los costados de los adobes, que en la costa norte de Perú se usaron moldes de bejuco trenzado y luego de madera, a partir de principios de la era. Para México, el uso del molde de madera se propone para Tlalancaleca, Tlaxcala, igualmente hacia principios de la era (López y Kabata 2018). Sin embargo, hace tiempo que se reportan adobes rectangulares, desde cuando menos a 700 a.C., en rellenos de La Venta (Tabasco) y en muros de San José Mogote (Oaxaca), pero los autores no hacen propuestas sobre el modo de manufactura (respectivamente Drucker 1952, 31; Flannery y Marcus 1983, 57–62). El uso de adobes para la construcción de rellenos de basamentos continúa a lo largo del periodo Clásico, durante el primer milenio de nuestra era. Los casos estudiados, de Cholula (Robles 2007) y más recientemente San Andrés en El Salvador (Shibata 2018), sugieren que existen ciertos rangos de variabilidad en las dimensiones de los adobes para los rellenos, que se atribuye a la necesidad de varios centros de producción para alcanzar los millones de unidades necesarios y a la posibilidad de compensar con cementante las diferencias de tamaño, sin afectar la solidez estructural de un basamento. En el caso de los muros, la estabilidad de la mampostería requiere el uso de módulos más regulares.

La Joya

El sitio de La Joya se ubica en el centro de Veracruz, en la confluencia de los ríos Jamapa y Cotaxtla, a 6 km antes de su desembocadura en el Golfo de México. Conocido desde mediados del siglo XIX, el sitio ha sido objeto de excavaciones extensivas desde 2004 en proyectos sucesivos del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, que revelaron una secuencia de arquitectura de tierra monumental que abarca desde 100 a.C. a 1000 d.C. (Daneels et al.



Figura 1
 Plano del sitio de La Joya, reconstruido a partir del croquis de Escalona 1938 y los levantamientos topográficos desde los años 2004 (modificado de Daneels et al. 2013)

2013). Solo se conservan pequeñas partes de tres de las construcciones mayores: la pirámide y las plataformas norte y este (figura 1). Los basamentos consisten rellenos de tierra apisonada, pero los muros de los edificios fueron levantados con adobes rectangulares en aparejos regulares.

Tamaño y forma de los adobes

No es común poder medir el tamaño de los adobes en directo, debido a que la normativa de conservación para el patrimonio arqueológico no permite el desmantelamiento de los muros. En el caso de La Joya se pudieron recuperar siete adobes completos y semi-completos que estaban sueltos en rellenos constructivos, y otros dos fragmentos se extrajeron de un muro *in situ* para análisis. El tamaño generalmente se mide desde los dibujos hechos en campo, que registran los contornos de los adobes en planta (largo y ancho) y en perfil (altura y largo o ancho); este procedimiento es factible cuando los morteros usados para pegar los adobes y los aplanados exteriores son de textura y color bien diferenciables. Cuando no es el caso, la medición puede complicarse, particularmente si usa-

ron fragmentos de adobe en vez de adobes completos. En ambos casos descritos, si se marcaba una variación en las medidas de largo, ancho y alto en el mismo adobe, se tomaba como referente la medida máxima cerca de los ángulos de la pieza. Un tercer método para estimar el tamaño es posible cuando se conoce la traza del edificio: se usa el ancho de los muros para derivar el ancho de los adobes, y para el largo elementos como pilares y pilastras, descontando el espesor de los revoques exteriores; esto proporciona una unidad de referencia de largo y ancho, que se puede proyectar gráficamente en el dibujo de planta del edificio, para ver si concuerda con el largo de los muros y conforma a la ley de traba (figura 2).

En el caso de La Joya, se pudieron analizar las piezas de cinco etapas constructivas, respectivamente una del Protoclásico (100 a.C.–100 d.C.) y dos del Clásico Temprano (100–300 d.C.) en la plataforma norte, así como dos etapas sucesivas dentro de la primera etapa del Clásico Medio (300–500 d.C.) en la plataforma este. Para el Clásico Tardío (700–1000 d.C.) se añade para fines comparativos el caso de El

Zapotal, un sitio de la misma cultura ubicado a 42 km al sur de La Joya, conocido por un adoratorio de arquitectura de tierra con la representación del Dios de la Muerte (Torres et al. 1973).

Las primeras dos etapas proporcionaron la mayor cantidad de datos, tanto de contorno como de altura, con dos series de distintas construcciones. La primera serie proviene de una subestructura, en la que se recuperaron cinco adobes (uno de ellos completo), colocados como parte de un relleno arenoso. La serie de la segunda etapa proviene de un muro perimetral de adobe en aparejo a soga y tizón, el cual tenía adosado una serie de cuartos; dos fragmentos de adobe se recuperaron *in situ*, otros dos fragmentos grandes se encontraron en el relleno posterior al desmantelamiento de esta etapa constructiva. En las demás etapas se infirió el tamaño de los adobes por el tercer método enunciado arriba, aunque la altura de uno se pudo medir en directo.

Cuatro de los adobes extraídos completos o semi-completos fueron dibujados en planta y corte longitudinal y transversal (ver adelante). A partir del segundo método, se midieron en total 65 adobes diferentes. Con los datos, se elaboró una tabla definiendo por etapa las medianas de largo, ancho y alto, enunciados en centímetros, con su rango de variación intercuartil, y el número (n) de casos medidos en cada instancia (Tabla 1).¹ La segunda etapa tiene el mayor número de mediciones, debido a la extensión de las excavaciones y la claridad del registro.

Se puede observar que la variación de tamaños es pequeña, pero mayor a la esperada en caso de usarse un molde de madera de tamaño estandarizado. La medida más constante es la altura, alrededor de 10 cm, aunque se reduce ligeramente con el tiempo; luego el largo, entre 79 y 86 cm en las primeras etapas, y algo más pequeños en la última. Los anchos varían más, de 25 cm en la primera y última, a más de 36.5 cm en la cuarta. Solo los adobes de la tercera etapa tienen una proporción de largo y ancho aproximada de 2:1, los demás son más cercanos a la proporción de 3:1.

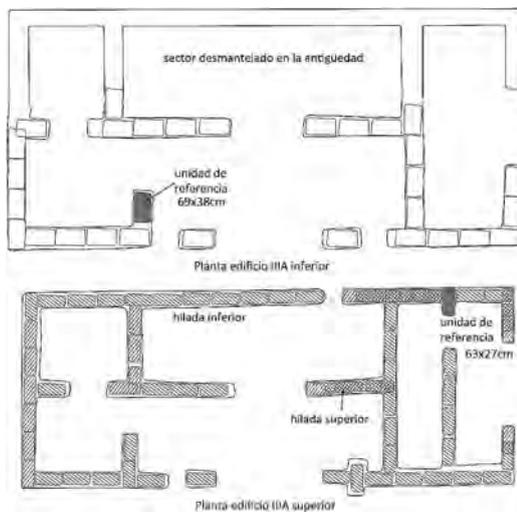


Figura 2
Plano de los edificios IIIA inferior y superior de la plataforma este, repitiendo una unidad de referencia para evaluar el tamaño del adobe. En IIIA superior se indica, con base en elementos conservados, la hilada inferior por achurado diagonal, la hilada superior por achurado cruzado (Dibujo de Daneels)

Aparejos

El único elemento de aparejo doble es el muro perimetral de la plataforma norte, con los adobes colocados a soga y a tizón, como se puede ver en el corte

Etapa	Contexto	Largo			Ancho			Alto			Medición
		M.	R.I.	n	M.	R.I.	n	M.	R.I.	n	
1	Plat. N. subestructura	79.5		1	25.0	0.5	5	10	1	5	directo
2	Plat. N. muro perimetral	86.3	11	15	27.8	3.3	15	10	0	17	planta y perfil
					31	n/a	3	10	0.5	8	directo
2	Plat. N. cuarto adosado E	83.5	12	6	29.0	2.8	6			0	planta
2	Plat. N. cuarto adosado W	85.7	5.3	9	28.7	5.2	8			0	planta
3	Plat. N. Sala audiencia	79.3	3	5	35.9	2	5	10	0.5	7	planta y perfil
4	Plat. E. IIIA inferior	81.7	n/a	3	36.5	3.8	8	6.6	2	8	planta y perfil
5	Plat. E. IIIA superior	72.6	n/a	1	25.0	2.2	8	8	2	9	planta y perfil

Medidas en centímetros. Abreviaciones: Plat. N.: plataforma norte; Plat. E.: plataforma este; M.: mediana; R.I.: rango intercuartil; n: número de adobes medidos; n/a: no aplica.

Tabla 1
Tamaños de los adobes de La Joya, con mediana y rango intercuartil

del muro (figura 3). Los tamaños de los adobes observados en este aparejo son en promedio de 86 x 28 cm, lo que indica que se requirió dejar un espacio bastante amplio entre los adobes a sogas para acomodar el adobe a tizón. Para la argumentación de este trabajo, es importante hacer observar que los adobes puestos a tizón tienen un contorno ligeramente trapezoidal, con la parte inferior más ancha que la superior, mientras los adobes puestos a sogas tienen los costados verticales.



Figura 3
Detalle de corte perpendicular del muro perimetral con aparejo a sogas y tizón, segunda etapa constructiva, plataforma norte de La Joya (Foto Daneels, noviembre 2007)

En el caso de la llamada sala de audiencia de la plataforma norte y de los edificios IIIA inferior y superior de la plataforma este, se puede inferir un aparejo a sogas. La observación se dificultó por la similitud entre la textura de los adobes y del mortero, pero al secarse el vestigio después de las excavaciones, aparecieron fisuras a intervalos regulares marcando las juntas de cementante. Tomando en cuenta las alturas conservadas de las paredes parcialmente desmanteladas en la antigüedad, se deduce el aparejo a sogas con trabas al 50% (figura 2).

EXPERIMENTOS DE MANUFACTURA EN MOLDE Y EN HOYO

Con el fin de estudiar los problemas prácticos y organizativos de la fabricación y construcción con adobes de tamaño prehispánico, se llevó a cabo un experimento de reproducción. El protocolo, los problemas encontrados y los resultados ya fueron publicados (Daneels y Vernucci 2017), por lo que solo se retomarán los puntos necesarios para el argumento.

La hipótesis de una manufactura en hoyo derivó, por un lado, de la regularidad de los tamaños de los adobes por etapa, combinada con las particularidades de la forma observada, y, por el otro lado, del problema de hacer moldes de tablas de madera en una sociedad que desconocía el uso del metal para hachas y sierras. Cavar hoyos de tamaño regular era una alternativa fácil, ya que solo requería una pala de hueso o de madera y un lazo de algodón (textil común en la costa del Golfo de la época), con cuatro nudos para marcar largo, ancho y profundidad. El experimento

se hizo cavando hoyos de 80x40x10cm con omóplatos de res (a falta de venado, que era el animal de hueso grande disponible), respetando la indicación de la evidencia arqueológica de dejar una inclinación en los costados de testa, reduciendo el largo hacia la base del hoyo. Para comparar, se hicieron también piezas con un molde de madera de cedro, algunas de las mismas dimensiones, otras de tamaño «moderno» de 40x20x10 cm (figura 4).

Los adobes de molde se desmoldaban bien, dejando todas las paredes verticales con huellas de estrías verticales; las rebabas se daban a la base, en los lugares donde la superficie del patio de secado estaba ligeramente sumida y no apoyaba bien el marco. No se observaban rebabas en la parte alta, debido a que, al finalizar de llenar y compactar el lodo, se alisa la superficie retirando el lodo excedente y dejando el contorno del molde aparente previo al desmolde.

En el caso de los adobes de hoyo, quedó claro el porqué de la forma inclinada de los lados de testa al querer sacarlos: los planos inclinados permitían insertar las palas en los extremos y levantar el adobe de canto al lado del hoyo, donde podía terminar de secar. De ser las testas verticales, no hubiera sido posible sacar el adobe sin dañar las paredes del hoyo. Hacer la inclinación en los

extremos y no en los lados largos también era necesario, ya que, por el tamaño, la única forma de equilibrar el adobe de canto era ponerlo en su costado largo y plano.

En los adobes de hoyo, las rebabas se presentan en la parte superior, ya que el alisado al final de la compactación tiende a extender el lodo sobre las orillas del hoyo. No se presentan estrías verticales en los costados, porque el adobe requiere varios días de secado dentro del hoyo hasta adquirir una textura suficientemente rígida para poderlo extraer sin fracturarse, momento en que la superficie ya no se altera por la acción de desmolde. Se volvieron a hacer varios adobes en el mismo hoyo, sin que se modificara notoriamente su tamaño, demostrando que era posible usarlo para la producción de unidades regulares.

COMPARACIÓN ENTRE ADOBES ARQUEOLÓGICOS Y EXPERIMENTALES

Comparación macroscópica

Se elaboraron dibujos de planta y de corte transversal y longitudinal de un adobe experimental de hoyo y un adobe experimental de molde de 40x20x10 cm (vea arriba, figura 4) y de cuatro adobes prehispánicos. Estos últimos tienen la cara de testa inclinada (figura 5, lado A del corte longitudinal) y presentan rebabas en la parte superior del adobe (figura 5, lado B del corte transversal del adobe d).

Algunos adobes presentan a veces huecos en los costados que pueden ser debidos a compactación insuficiente, que quedaron conservados porque el adobe fraguó *in situ* y no fue desmoldado en fresco (figura 6).

Las características de los adobes arqueológicos son más similares a los adobes experimentales de hoyo que a los de molde de madera: presentan testas inclinadas (figura 4 derecha y figura 5), rebabas en la parte superior (figura 7) y carecen de estrías de desmolde (figura 8).

Comparación micromorfológica

Se obtuvieron láminas delgadas de tres adobes arqueológicos y de los adobes experimentales dibuja-

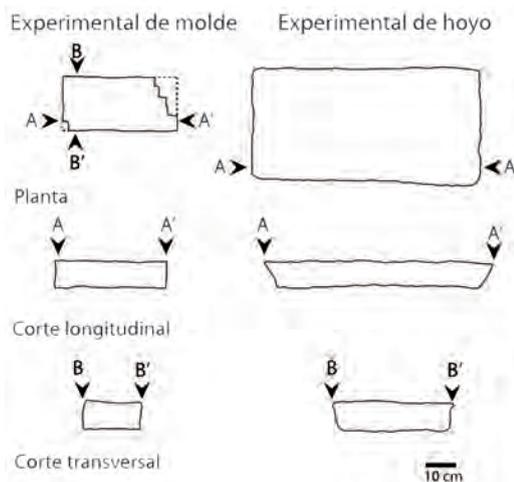


Figura 4
Planta y cortes de adobe experimental de hoyo (izq.) y de molde (der.) (Dibujo Piña)

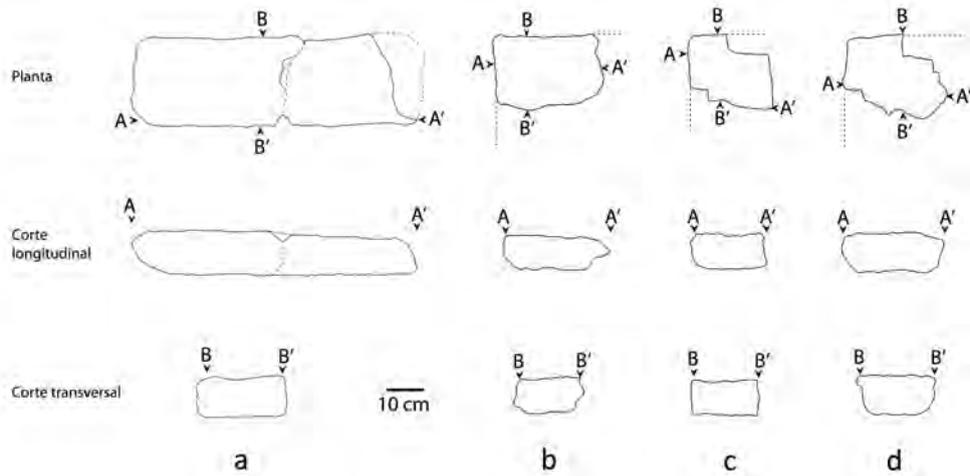


Figura 5

Planta y cortes de adobes prehispánicos de: a. subestructura de plataforma norte, b-c. muro perimetral de la misma, d. muro del edificio IIIA superior de la plataforma este. En cada dibujo, A y B indican los contornos originales del adobe; solo en el primer adobe está completo el corte transversal (Dibujo Piña)



Figura 6

Hueco en costado largo de adobe prehispánico de muro perimetral de la plataforma norte (Foto Piña, agosto 2018)

dos, de testa y de canto, para realizar un primer estudio micromorfológico comparativo.²

Tanto las muestras arqueológicas como las experimentales, hechos con tierras de la misma localidad, presentan una composición mineralógica muy similar, coherente con la composición de los suelos formados de sedimentos volcánicos, abundantes en cuarzos, feldespatos del tipo de las plagioclasas y minerales ferromagnesianos, propios de la región. En el caso del adobe de molde, la tierra fue enriquecida con cal, que se manifiesta en las láminas delgadas como carbonato de calcio, iridiscente cuando es visto

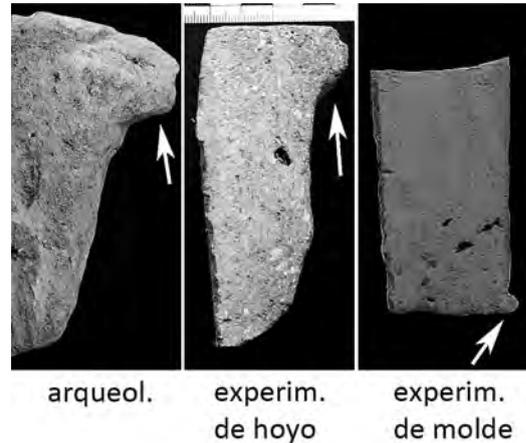


Figura 7

Rebabas grandes en la superficie de los adobes arqueológicos y experimentales de hoyo y pequeña en la base del de molde (Foto Daneels)

bajo el microscopio petrográfico con los filtros polarizadores (nícoles) cruzados.

La presencia de pápulas de tonalidades distintas en las muestras constructivas, tanto arqueológicas como experimentales, indica que el material que las constituye consiste en una mezcla de distintos sue-

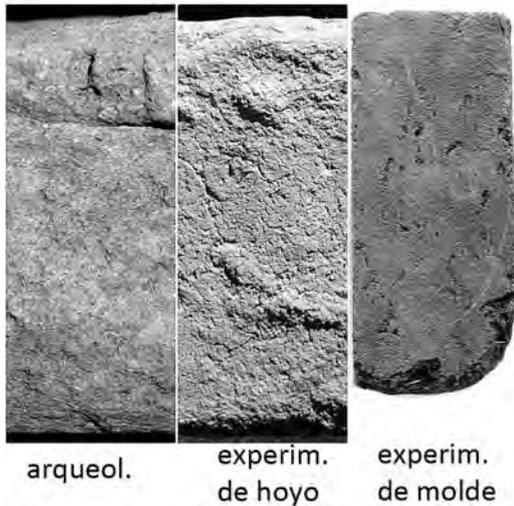


Figura 8
Apariencia de las testas de los adobes arqueológicos y experimentales de hoyo y de molde (única en mostrar estrías)
(Foto Daneels)

los que fueron extraídos y mezclados. Las pápulas derivan de cutanes de arcilla, que se forman por iluviación en poros naturales de los suelos y cuyo color depende de la cantidad de óxidos de hierro que contenga y de las condiciones ambientales de humedad. Cuando se extrae y se manipula el sedimento, los cutanes se fragmentan en pápulas. En las láminas analizadas, se pudieron identificar pápulas de diferentes tonalidades que señalan el uso de suelos expuestos a procesos de intemperismo diferencial, lo que indica que la materia prima proviene de distintos bancos y que estos sedimentos fueron mezclados (figura 9 y 10).

Las superficies de los adobes, tanto arqueológicos como experimentales, muestran evidencia de alisados. Las muestras experimentales hechas en molde de madera presentan una capa nítida de material fino en una superficie muy recta, producto del proceso de alisado manual previo al desmolde (figura 10). Los arqueológicos pueden presentar alisados superficiales muy gruesos (figura 11).

En los costados de los adobes se marca una diferencia entre los arqueológicos y los experimentales de molde. Estos últimos presentan una delgada capa de material fino, parecido a un alisado intencional,

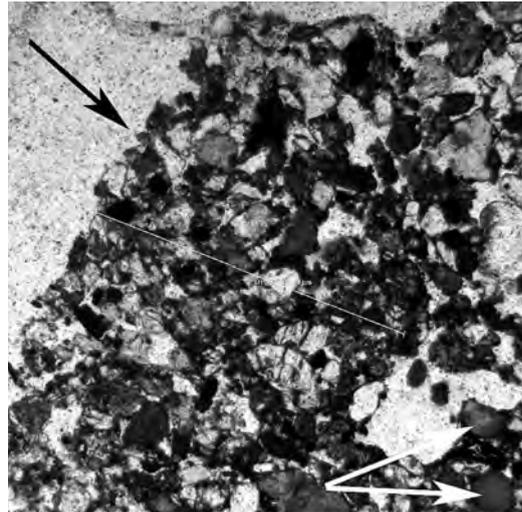


Figura 9
Parte lateral de adobe arqueológico (muro perimetral de la plataforma norte); las flechas blancas apuntan a pápulas de distintos colores; la superficie del canto no tiene evidencia de capa de material fino de desmolde (flecha negra) (toma a 5x, foto Piña)

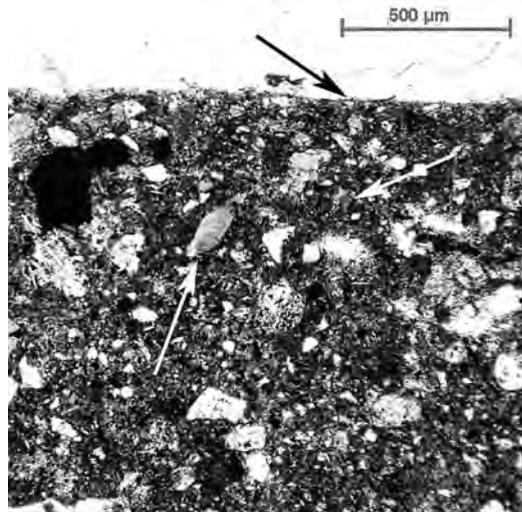


Figura 10
Parte superior de adobe experimental de molde: las flechas blancas apuntan a pápulas de distinto color, la flecha negra indica una delgada capa de material fino en la superficie, resultado del alisado (toma a 5x, foto: Piña)

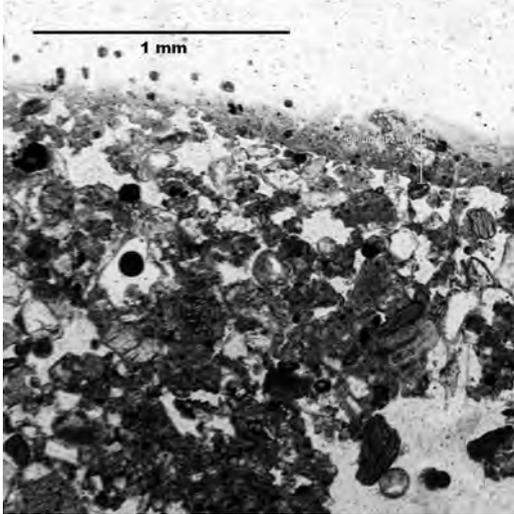


Figura 11
Parte superior de adobe arqueológico (edificio IIIA superior de la plataforma este), con gruesa capa de material fino resultado de alisado de superficie (toma a 5x, foto Piña)

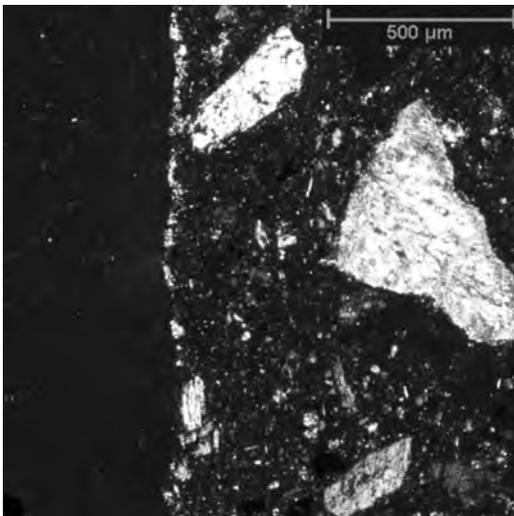


Figura 12
Superficie de contacto entre el adobe experimental y el molde, con una delgada capa de partículas finas de cal alineadas con el costado del adobe (toma a 5x con nícoles cruzados, foto: Piña)

pero que se produce durante el desmolde. Se puede observar una delgada capa donde resaltan los carbonatos de calcio (cal), en orientación vertical en la superficie que estuvo en contacto con el molde, resultante de la fricción entre el adobe mismo y la madera al momento de retirar el molde (figura 12). Este fenómeno no se observa en el costado del adobe arqueológico (ver figura 9).

DISCUSIÓN

Los adobes, en particular los más tempranos, son muy grandes y proporcionalmente delgados, difíciles de secar y pesados (Daneels y Vernucci 2017), comparado con los tamaños modulares modernos (adobe moderno y bloc de cemento común 40x20x10 cm, ladrillo 23x12x5 cm). La preferencia por tal tamaño podría estar en relación con una unidad de medida culturalmente definida en el ámbito mesoamericano de alrededor de 80 cm, propuesto para Teotihuacan (83 cm, Sugiyama 1993) y para los olmecas (77 cm, Clark 2001, 203).

A lo largo del tiempo parece haber una reducción paulatina en el tamaño de los adobes (caso también observado en El Salvador por Shibata 2018). En La Joya, el largo baja de 86 a 73 cm. Interesantemente, para el Clásico Tardío, los tamaños inferidos para Zapotal corresponden a la fracción del tamaño temprano (44x22 cm), muy similares al tamaño moderno (Daneels 2018). Los anchos primero incrementan, pero luego otra vez se reducen, así como las alturas. Esto parece indicar una transición hacia un adobe más pequeño y fácil de manejar.

En la figura 3, los adobes arqueológicos colocados a tizón tienen el ángulo de testa que sugiere que fueron puestos invertidos, esto es, con la parte de superficie más amplia hacia abajo. Por su parte, los contornos de las rebabas de los adobes puestos a soga, en particular de la quinta hilada, parecen indicar que el de la izquierda fue puesto boca abajo, mientras el de la derecha boca arriba. Tal observación reflejaría que los constructores pueden haber colocado los adobes boca arriba o boca abajo indistintamente, lo que explicaría la variación del orden de 11 cm observada en los largos de los adobes del mismo muro doble (tabla 1), ya que ésta coincidiría con la diferencia entre largo inferior y superior de los adobes de hoyo. Esta observación indicaría que los tamaños de los

adobes fueron bastante regulares, ya que la variación de tamaño indicadas en la tabla 1 (el rango intercuartil), puede deberse a la forma en que fueron puestos en obra en el aparejo, no por una falta en la estandarización de las mediciones.

CONCLUSIONES

Las tres líneas de estudio concuerdan en sugerir que los adobes de La Joya pudieron haber sido hechos en hoyos de tamaños estandarizados, para usarse posteriormente en la construcción de muros en aparejos regulares. La presencia en los adobes arqueológicos de rebabas en la parte superior, la testa inclinada, la falta de estrías de desmolde a nivel macro— y microscópico, concuerda con los adobes producidos experimentalmente en hoyo.

La manufactura en hoyo aún no se ha tomado en cuenta como una posibilidad de producir unidades constructivas modulares. Por lo tanto, estos hallazgos representan un aporte al conocimiento de la tecnología constructiva prehispánica. El estudio es aun preliminar, ya que se basa en un solo sitio, pero pone las bases para una investigación comparativa sistemática a nivel de Mesoamérica.

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones en el sitio arqueológico de la Joya, así como los análisis de las muestras de adobes presentados en este trabajo, se llevaron a cabo con los permisos del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México y con los financiamientos de la Universidad Nacional Autónoma de México (PAPIIT IN400816) y CONACyT (CB2015–254328, incluyendo la beca del pasante de licenciatura J. S. Piña Guido).

NOTAS

1. La estadística descriptiva para los adobes fue elaborada por Gerardo Jiménez Delgado del Instituto de Investigaciones Antropológicas (UNAM). La exploración inicial del conjunto de datos arrojó la presencia de valores anómalos y en algunos contextos un sesgo negativo. Por esta razón se optó por presentar la mediana y el rango intercuartil, ya que elimina el efecto de los valo-

res anómalos. La mediana localiza el centro de un conjunto ordenado de datos al dividir el número de datos entre dos; en los conjuntos con número no de elementos, solo un caso define su centro, mientras que en los de número par de elementos se promedian los dos valores que definen el centro. Para definir el rango intercuartil, el número de elementos de cada conjunto ordenado se divide entre cuatro y se ubican los datos que definen la posición del cuartil inmediatamente superior e inferior. La distancia entre ambos es el rango intercuartil. Esta medida cita la variabilidad del 50% de la información del conjunto estudiado.

2. La micromorfología estudia láminas delgadas de muestras de suelo orientadas, bloques de sedimento que conservan su estructura original. Es un método que proviene de las ciencias de la tierra, usado para estudiar la formación de suelos (pedogénesis), un proceso condicionado por el material parental y el ambiente (topografía, clima, vegetación, microorganismos), en función del tiempo que actúa la fuerza de gravedad (descendente) y los efectos de la capilaridad (ascendente). Así, la micromorfología, con la petrografía como herramienta de apoyo, distingue la composición mineralógica y los rasgos pedogénéticos, que permiten derivar las condiciones ambientales en las que se formaron los suelos. Integrado como herramienta básica en la geoarqueología desde los años 1980, analiza específicamente el impacto antrópico en superficies de uso residencial, agrícola y artesanal/industrial (Macphail y Goldberg 2017). Sólo desde finales de los años 1990 se ha empezado a aplicar a la arquitectura de tierra. Permite identificar suelos que fueron extraídos y transportados para servir de rellenos (cuando su estructura se conserva, aunque deformada, pero su orientación no) o identificar procesos de preparación de mezclas constructivas (lodo para adobes, morteros, pisos y aplanados), por adición de agua y de componentes minerales, vegetales u otros sedimentos, y por amasado, que modifican la estructura original (Friesem et al. 2017).

LISTA DE REFERENCIAS

- Campana Delgado, Cristóbal. 2000. *Tecnologías constructivas de tierra en la costa norte prehispánica*. Serie Patrimonio arqueológico zona norte no. 6. Trujillo: Instituto Nacional de Cultura - La Libertad.
- Clark, John. 2001. Ciudades tempranas olmecas. En *Reconstruyendo la ciudad maya. El urbanismo en las sociedades antiguas*, editado por Andrés Ciudad Ruiz y María Josefa Iglesias Ponce de León, 183–210. Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas.

- Daneels, Annick. 2018. Comparaciones entre las técnicas constructivas de tierra de la zona semiárida y la Mixtequilla. Ponencia presentada en el coloquio: Las Exploraciones arqueológicas en La Mixtequilla, Museo de Antropología de la Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México, del 3 al 4 de abril de 2018.
- Daneels, Annick, Luis Fernando Guerrero Baca y Giovanna Liberotti. 2013. Monumental earthen architecture in the humid tropics of Mexico: archaeological evidence of a millenary tradition. *WIT Transactions on The Built Environment* 131: 457–468.
- Daneels, Annick y Andrew Vernucci. 2017. Experimento de construcción con materiales, herramientas y métodos prehispánicos en México. En *17° SIACOT Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra*, «Tierra-Identities», *Memorias*, editado por Celia Neves, Zazanda Salcedo y Obede Borges Faria, 28–38. La Paz: FAADU-UMSA/PROTE-RRA. https://www.academia.edu/35731728/Actas_17_SIACOT_Bolivia_2017 (consultado 5 de agosto de 2018).
- Drucker, Philip. 1952. *La Venta, Tabasco. A study of Olmec ceramics and art*. Bulletin 153, Bureau of American Ethnology. Washington, D.C.: Smithsonian Institution.
- Flannery, Kent V. y Joyce Marcus. 1983. The Growth of Site Hierarchies in the Valley of Oaxaca: Part 1. En *The Cloud People: Divergent Evolution of the Zapotec and Mixtec*, editado por Kent V. Flannery y J. Marcus, 53–64. New York: Academic Press.
- Friesem, David E., Julia Watez y Marylise Onfray. 2017. Earth construction materials. En *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*, editado por Cristiano Nicosia y George Stoops, 99–110. Hoboken: Wiley Blackwell.
- Hastings, Mansfield C., y M. Edward Mosely. 1975. The Adobes of Huaca del Sol and Huaca de la Luna. *American Antiquity* 40, no. 2: 196–203.
- López Juárez, Julieta Margarita, y Shigeru Kabata. 2018. La tecnología arquitectónica y su materialización en Tlalancaleca, Puebla. Ponencia presentada en el 56 Congreso Internacional de Americanistas, Salamanca, España, del 15 a 20 de julio de 2018.
- Macphail, Richard I., y Paul Goldberg. 2017. *Applied Soils and Micromorphology in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Robles Salmerón, María Amparo. 2007. Motivación y cambios culturales: los orígenes de la Gran Pirámide de Cholula. Tesis de licenciatura inédita, Departamento de Antropología, Universidad de las Américas Puebla, Cholula.
- Shibata, Shione. 2018. La arquitectura de tierra durante los períodos Preclásico y Clásico en la zona arqueológica Chalchuapa, El Salvador. Ponencia presentada en el 56 Congreso Internacional de Americanistas, Salamanca, España, del 15 a 20 de julio de 2018.
- Sugiyama, Saburo. 1993. Worldview materialized in Teotihuacan, Mexico. *Latin American Antiquity* 4, no. 2: 103–129.
- Torres Guzmán, Manuel, Marco A. Reyes López y Jaime M. Ortega Guevara. 1975. Proyecto Zapotal, Ver. En *XIII mesa redonda. Balance y perspectiva de la antropología de Mesoamérica y del Centro de México*. *Arqueología I*, 323–330. Xalapa: Sociedad Mexicana de Antropología.