

PROPUESTA PARA DEFINIR TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS A PARTIR DEL ANÁLISIS MICROMORFOLÓGICO DEL TEST CARAZAS

Salvador Piña Guido¹, Hugo Alejandro Fernández², Marta Mateu Sagués³, Gerardo Fernández⁴

¹Escuela Nacional de Antropología e Historia, México, chava.pigui@gmail.com

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México, huferram@gmail.com

³Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, mmateusa@gmail.com

⁴Unidad Académica de Antropología. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México, gerardo2001@gmail.com

Palabras clave: micromorfología, rasgos tecnológicos, procesos de densificación, arqueología experimental

Resumen

El renovado interés por el patrimonio construido con tierra ha arrojado nuevos retos a la investigación arqueológica, entre ellos la correcta identificación de las técnicas de construcción, en ausencia de información histórica o etnográfica. Por las deficiencias en la formación profesional de los arqueólogos con respecto a la arquitectura de tierra, son recurrentes las instancias de reportes de excavaciones donde la técnica constructiva no se identifica o se identifica erróneamente. Aparte de la necesidad de sensibilizar a los arqueólogos sobre las distintas técnicas constructivas que existen, también es útil desarrollar un método que pueda apoyar a su identificación. El presente documento propone desarrollar un método que permita comparar, a nivel micromorfológico, muestras constructivas arqueológicas con muestras experimentales hechas con tierra de la misma zona del sitio arqueológico, donde se conoce la cantidad de agua y el modo de densificación. Para ello, se propuso trabajar con muestras obtenidas por la aplicación del test Carazas. Esto permitirá caracterizar los rasgos micromorfológicos, observados a nivel microscópico, que son resultado del diferente tratamiento que se le da a la mezcla constructiva, que se pueden asociar a diferentes técnicas de construcción (tapia, *cob*, adobe, tierra vertida) que coincidan con alguna posición del Test Carazas por compartir el porcentaje de humedad y/o proceso de densificación necesarios para el desarrollo de dicha técnica. En este trabajo también se compararán las características observadas con interpretaciones propuestas para muestras constructivas arqueológicas, por un equipo francés pionero en el tema. Los resultados obtenidos indican que es posible observar diferencias específicas (1) en la proporción de poros, (2) en los tipos de poros que se encuentran y (3) en la posición y distribución de estos en la muestra. Estas diferencias se pueden relacionar tanto con la humedad como la acción mecánica ejercida y permiten evaluar las interpretaciones propuestas para las muestras arqueológicas que distinguen las técnicas constructivas.

1 INTRODUCCIÓN

Las investigaciones arqueológicas que han tomado en cuenta el estudio de los materiales constructivos de tierra no son muy comunes y por lo general, se limitan a la descripción textural, de color y en ocasiones menos frecuentes, a la identificación mineralógica y caracterización de los tipos de suelos o sedimentos usados por los antiguos constructores (Gama et al., 2012; Piña; Cabadas-Báez, 2018); asimismo, la bibliografía especializada al respecto aun es escasa. También es importante señalar que el uso indiscriminado del término “adobe” (particularmente en la literatura anglosajona), para nombrar a cualquier estructura que usa la tierra como materia prima de construcción, ha creado confusión, ya que generaliza una gran variedad de tradiciones constructivas y elementos estructurales que responden a diferentes funciones, necesidades, saberes y recursos de las sociedades ahora extintas. Esto se debe a la poca experiencia de los arqueólogos en la arquitectura y construcción con tierra, aspecto que, por lo general, es ignorado dentro de los programas de formación académicos a nivel licenciatura. Por lo tanto, es importante empezar a promover entre los arqueólogos el conocimiento de los distintos sistemas constructivos y

proporcionarles métodos para identificarlos a partir del registro en campo y del análisis de las muestras estructurales.

El presente trabajo propone analizar el potencial del test Carazas para identificar características micromorfológicas propias de un proceso de densificación manual, partiendo de la hipótesis de que los bloques resultantes de la aplicación de este ejercicio pueden servir como referencia para identificar técnicas constructivas en contextos arqueológicos (como tapial, *cob*, adobes, lodo vertido).

2 PLANTEAMIENTO

Como parte de la asignatura Arquitectura Prehispánica impartida en la Universidad Autónoma de Zacatecas, se realizó el test Carazas en las instalaciones de dicha universidad con la participación de alumnos de la licenciatura de arqueología y de ingeniería civil usando tres tipos de tierras que diferían en granulometría, color y origen; además se replicó en el sitio arqueológico La Joya, en el estado de Veracruz, México con material geológico que se usa para las labores de mantenimiento, conservación y restauración de la pirámide principal del sitio.

El “test Carazas” es un ejercicio pedagógico que tiene como principal objetivo “comprender la naturaleza trifásica de la materia tierra” y experimentar sus variaciones cualitativas con todos los sentidos (Carazas, 2017). Propone usar una misma cantidad de tierra (en peso o volumen) y variar la cantidad de agua y la forma de densificación. Ello genera 15 posiciones en una retícula con 5 estados líquidos: seco, húmedo, plástico, viscoso y líquido; y 3 diferentes acciones mecánicas de densificación: llenar, presionar (a mano) y compactar (con pisón).

En este trabajo se pretende obtener láminas delgadas de los bloques resultantes y analizarlas a través del microscopio petrográfico con el fin de explorar sus características micromorfológicas en busca de microestructuras relacionadas con la cantidad de agua y las diferentes acciones mecánicas aplicadas durante el test, para identificar las similitudes y diferencias que presentan con relación al tipo y cantidad de poros, y la organización de sus agregados. Para poder realizar estos objetivos se muestrearon sólo aquellos bloques que después del secado presenten la cohesión suficiente como para obtener una muestra orientada apta para impregnar con resina, paso previo necesario a la realización de una lámina delgada para el análisis micromorfológico. De modo tal que se descartaron todas las que se desagregaron.

Otro aspecto importante de su aplicación y del estudio posterior que se presenta, es la idea de que las distintas posiciones puedan corresponder a una técnica distinta de construcción con tierra, como apunta Carazas (2017): estado húmedo/compactado a tapia, estado plástico/viscoso a *cob*/adobes y líquido a tierra vertida. Este hecho puede ser de utilidad para luego reconocer arqueológicamente y micromorfológicamente estas técnicas.

3 PRUEBA DE CAMPO

Para este artículo, sólo se trabajó con material muestreado de una prueba realizada en Veracruz, ya que existen análisis de micromorfología previos aplicados a materiales constructivos prehispánicos, con los que se puede comparar. El ejercicio se llevó a cabo en el sitio arqueológico de La Joya, Veracruz. La tierra que se usó para este análisis se obtuvo de un sitio conocido como Rancho del Padre, en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, coordenadas 19°03'39,8"N 96°10'41,6"W (según Google Earth), a menos de 3 km del sitio. Se escogió esta tierra porque sus características de formación en planicie aluvial es similar a la usada en la construcción prehispánica, así como en la “restitución” y en la arqueología experimental que se está llevando a cabo en dicho sitio arqueológico de La Joya (Daneels; Vernucci, 2017). Esta materia prima, de textura limo arcillosa, por ende fina, fue tamizada con criba de 2 mm previo a ser trabajada. A lo largo del desarrollo del ejercicio, se tomó un registro de temperatura y humedad relativa.

3.1 Realización del test Carazas

Cada posición en la trama pedagógica exige el mismo volumen de tierra que se calculó por las medidas de la caja para medir y guardar (caja de 8,9 x 15,2 x 25 cm) la cual tiene una capacidad de 8,382 cm³. Específicamente, en el test, en cada posición se usó la cantidad de tierra que llenaba al ras de la caja; la cual se pesó en seco con un resultado de 3,157 kg.

Para controlar la cantidad de agua que requerían las muestras, se usó una probeta graduada a cada mililitro con un aforo total cuantificable de 100 ml y otro recipiente graduado cada 100 ml con capacidad máxima de 500 ml. A cada estado se le fue añadiendo una proporción mayor de agua, siendo el resultado presentado en la tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de agua añadida a la mezcla según el estado hídrico

Estado hídrico	Testigos	Cantidad tierra (kg)	Cantidad agua (ml)
Seco	1, 2 y 3	3,157	0
Húmedo	4, 5 y 6		314 ml
Plástico	7, 8 y 9		1.100 ml
Viscoso	10, 11 y 12		1.300 ml
Líquido	13, 14 y 15		1.500 ml

Una vez hecha la mezcla de la tierra y el agua según el estado hídrico correspondiente, se vertía en la formaleta o molde (de 15 x 15 x 15 cm) y se le aplicaba la acción mecánica según la posición (figura 1). Al finalizar se desmoldó y se proseguía con la siguiente posición. En las acciones de presionar y compactar se fue vertiendo y presionando/compactando a capas de unos 2 cm.

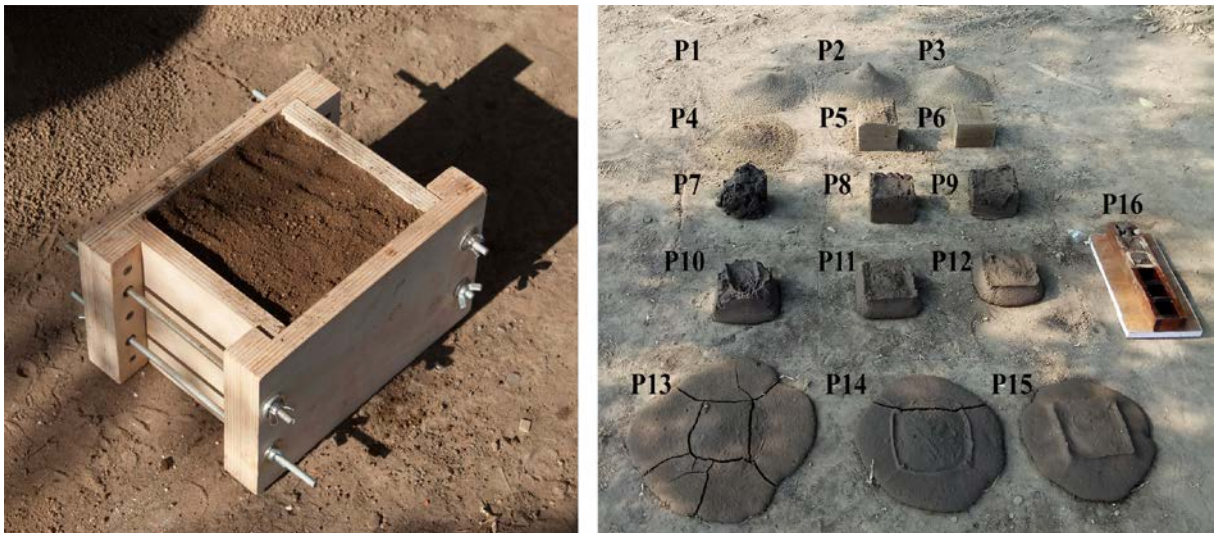


Figura 1. Izquierda: proceso de elaboración de testigo aún en la formaleta o molde. Derecha: vista general de todas las posiciones, en el margen derecho se ve la posición 16 con los moldes más pequeños de la mezcla en estado líquido.

Por último, se realizaron tres testigos más (nombrados en esta prueba como posición 16) que corresponden a las últimas tres posiciones de la trama pedagógica (líquidas), con la particularidad de que estas se hicieron en moldes de 5 x 5 x 5 cm para dejarlas secar dentro del molde y que no perdieran su forma. Estos moldes pequeños fueron untados previamente con vaselina para facilitar su desmolde.

3.2 Selección de muestras

De las 15 posiciones que el test Carazas propone, para fines de este estudio, se descartaron las primeras 5 (estado seco – llenar, presionar y compactar- y estado húmedo – llenar y presionar), porque al desmoldar y secarse los testigos, estos se disgregaron.

Del resto de posiciones se levantaron todos los testigos y se cortaron, con una segueta, manteniendo su orientación (sobre todo parte superior e inferior), para obtener unas muestras del tamaño adecuado para hacer láminas delgadas.



Figura 2. Ejemplo de los testigos usados para elaborar muestras: P6 y P12.

Una vez en el laboratorio y buscando responder los objetivos de este trabajo, con un tiempo limitado para realizar las láminas e interpretarlas, se decidió escoger las siguientes posiciones:

- La 7, 8, y 9 con el fin de observar las características micromorfológicas de la fase sólida en un mismo estado hídrico (plástico) manipuladas con las tres acciones mecánicas propuestas: llenar, presionar y compactar, respectivamente.
- Asimismo, las muestras correspondientes a las posiciones 6, 9, 12 y 16, en este caso con el objetivo de analizar el 80% de las variables hídricas que propone el ejercicio (húmedo, plástico, viscoso y líquido), manteniendo una misma técnica de manipulación mecánica de la fase gaseosa: compactar.

3.3 Preparación de láminas y método de análisis micromorfológico

De cada muestra se elaboró una lamina delgada siguiendo el protocolo micromorfológico (Loaiza et al., 2015). Para obtener el total de la muestra, en P7, P8 y P9, fue necesario dividir las en inferior y superior debido al tamaño de los portaobjetos. El análisis de las láminas delgadas se llevó a cabo con un microscopio marca OLYMPUS modelo BX51 mientras que la obtención de imágenes se llevó a cabo con cámara marca RS Photometrixyel software ImagePro 7.02. Las descripciones se realizaron siguiendo los criterios de Bullock et al. (1985) y Stoops (2003).

4 RESULTADOS

Todas las muestras presentan una composición mineralógica compuesta principalmente por cuarzo, plagioclasas y minerales ferromagnesianos (anfíboles, piroxenos y, en menor cantidad, micas). Las muestras observadas presentan una relación de 1:3 entre la fracción fina (<63 μm) y la fracción gruesa. Las partículas gruesas tienen un tamaño que corresponde al de las arenas, variando de muy finas a medias con escasos ejemplos que superan por unas micras el tamaño de las arenas muy gruesas, y presentan unas morfologías que van de subangulares a angulares (figura 3 izq.).

Por otro lado, la fracción fina presenta tonalidades que van del café claro al café oscuro al ser observada con luz polarizada plana (figura 3 der.); con nicoles cruzados, manifiesta muy poca birrefringencia, lo que se conoce como contextura de birrefringencia indiferenciada. La relación entre la fracción gruesa y la fracción fina es porfírica, es decir, que la fracción gruesa se encuentra inmersa en una matriz densa de partículas más finas (Loaiza et al., 2015).

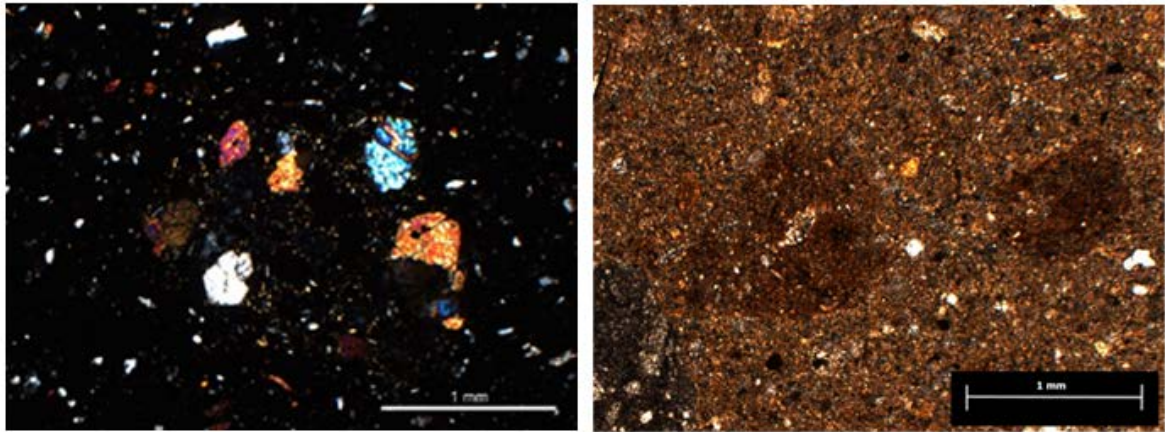


Figura 3. Microfotografías. Izquierda: muestra de fracción gruesa (arenas) en la P7 (XPL a 40x); Derecha: fracción fina de P16 (PPL a 20x)

Es importante señalar que la microestructura de cada muestra presenta particularidades interesantes, reflejadas a continuación.

P6 (húmedo-compactar): Microestructura granular, con agregados; esta muestra presenta un porcentaje de porosidad de 50% en toda la superficie de la lámina con poros de empaquetamiento. Tiene impregnaciones y nódulos de óxidos de hierro y manganeso en tonos rojizo, y café oscuro hasta negro. De forma macroscópica, se observó de manera clara las capas que resultan del proceso de compactación; dichas capas a nivel microscópico muestran un límite superior abrupto bien marcado por una microestructura masiva y compacta que se va degradando a medida que se llega al límite inferior.

P7 (plástico-llenar): Microestructura compacta, sin agregados, con un porcentaje de porosidad de 35%. Los poros en su mayoría son del tipo llamado cavidades y, en menor cantidad, vesiculares, distribuidos de manera heterogénea. Hay nódulos y formaciones que manchan la matriz de la muestra conocidas como impregnaciones de óxidos de hierro y óxidos de manganeso oscuros y densos, con un tamaño promedio de 1,6 mm.

P8 (plástico-presionar): Microestructura compacta, sin agregados, con poros que ocupan el 20% de la muestra del tipo cavitarios y vesiculares distribuidos de manera heterogénea. Hay impregnaciones de óxidos de hierro y manganeso con un tamaño promedio de 1,5 mm con tonalidades cafés, café oscuro, rojizas oscuras y negras.

P9 (plástico-compactar): microestructura compacta, sin agregados, con 10% de porosidad. En su mayoría poros vesiculares, pero también encontramos cavidades en menor cantidad. Hay impregnaciones de color café a café oscuro y tienen un tamaño promedio de 1,9 mm.

P12 (viscoso-compactar): Microestructura masiva, sin agregados, con un color general más homogéneo. Tiene un 10% de porosidad, con poros del tipo vesicular y alguna fisura. Hay un leve aumento de porosidad en la parte exterior respecto al interior de la muestra, debido al desmolde y acomodo del material a una nueva forma (es la única muestra estudiada micromorfológicamente que al desmoldar no mantuvo su forma cuadrada original - figuras 1 y 2, derecha). Se encuentran impregnaciones con tamaño promedio de 1,1 mm, las más pequeñas de colores café claro a café oscuro y las grandes de tonos café oscuro.

P16 (líquido-compactar): Microestructura masiva, sin agregados, con muy baja porosidad y de tamaños muy pequeños (del tipo vesicular) en un porcentaje aproximado al 2% en el total

de la superficie de la lámina. Muestra impregnaciones más claras, con tonos que varían entre café claro a café y con muy pocos ejemplos que llegan a tener tonos café oscuros con un tamaño promedio de 1,05 mm.

5 DISCUSIÓN

En el análisis surgieron cuatro categorías con características significativas: porosidad total, tipo de poro y su relación proporcional, posición de los tipos de poros dentro de la muestra, y grado de homogeneidad de la muestra. Con base en ellos, es posible evaluar propuestas de interpretación sobre el método de manufactura de muestras constructivas arqueológicas publicadas recientemente (Cammass, 2018). Adicionalmente se identificaron rasgos independientes del proceso de manufactura (óxidos y restos vegetales).

Una mayor compactación resulta una mayor densidad en la muestra y por lo tanto, menor porcentaje de poros; a nivel micromorfológico esto es evidente al comparar el porcentaje de la porosidad las muestras en estado plástico P7 (llenado), P8 (presionado), y P9 (compactado) con 35%, 20% y 10%, respectivamente. En el caso de la lámina P16, la cual tenía un mayor contenido de agua y fue tratada por compactación, esta presentó menor porosidad con 2% en total.

Estas observaciones de cantidad de poros, que indican mayor densidad (microestructura más masiva) a mayor compactación y mayor cantidad de agua, evidentemente concuerdan con los principios de la ciencia mecánica de los suelos. No obstante, es relevante apuntarlo para poder reconocer en un futuro esta característica en láminas delgadas de materiales arqueológicos en tierra, de los cuales no se puede saber ni su humedad ni compactación empleada en su ejecución y aplicarles pruebas mecánicas destructivas puede ser prohibido o restringido, por ser patrimonio cultural. Pero, de esta forma, comparándolo se podría llegar a inferir, en conjunto con otras de las características anunciadas (como la de la humedad o la granulometría), si una estructura se elaboró con tapial, *cob*, adobe o tierra vertida. En este artículo no se ha querido saber el grado de humedad óptima de compactación (no se han realizado los ensayos tradicionales de curva de compactación, como la prueba Proctor, que se realizan en el laboratorio) ya que el interés era observar los cambios micromorfológicos según la distinta cantidad de agua y la acción mecánica ejercida manualmente a una mezcla de tierra local usada en el sitio arqueológico. Todo intentando confrontar al arqueólogo de manera directa en percibir el comportamiento de su tierra conforme a procedimientos de manufactura tradicionales y comparar los resultados a nivel empírico con lo que está encontrando en campo (en el registro arqueológico).

Otro aspecto importante a tener en cuenta para poderlo comparar, y que se observan en las láminas, son los tipos de poros en relación con la acción mecánica ejercida y con la cantidad de agua en la mezcla, siendo que las que tienen mayor cantidad de humedad presentan poros más redondos y pequeños, mientras que las muestras con menos agua, presentan más poros del tipo de las cavidades (irregulares) en mayor cantidad que las vesículas (poros que tienden a ser más redondos) (Loaiza et al., 2015). En las muestras plásticas también se observa una diferenciación de tipos de poros, siendo que en la P7 (vertido) hay más poros cavitarios que vesiculares y en la P9 (compactado) más vesiculares (poros redondeados). Esto sería causante de la puesta en obra del material: la muestra vertida al no ser compactada guardaría más aire al acomodarse el material que la compactada, en la que parte del aire atrapado en el proceso de vaciado es expulsado y los poros restantes adquieren la orientación en sentido transversal al que fue aplicada la compactación.

La figura 4 presenta micrografía de la P6 (izquierda), donde se ven los agregados y la microestructura más masiva y su degradación, en verde ejemplos de poros cavitarios y en azul, poros de empaquetamiento, y de la P7 (derecha) donde las flechas señalan poros vesiculares.

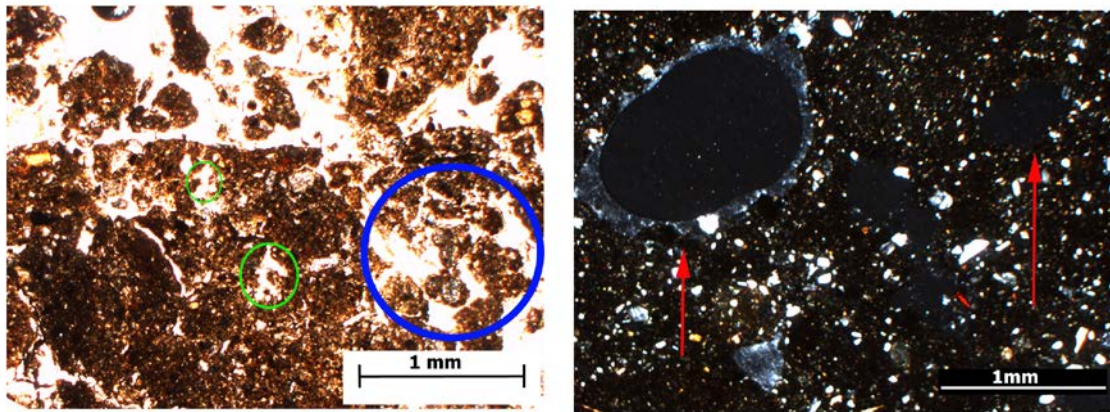


Figura 4. Microfotografías. Izquierda: límite superior de una capa de la P6 (PPL a 20x). Derecha: la muestra P7 (LPX a 20x)

Este tipo de poros vesiculares corresponderían con los que micromorfológicamente encuentra Cammas en muestras arqueológicas del sureste de Francia (Cammass, 2018) y en el recogido de bibliografía que realiza sobre el mismo tema, los distintos autores han identificado estos poros como indicativos de un material con un alto contenido de agua cuando se mezcla y que originara estos poros. De igual manera, los poros cavitarios e irregulares serían correspondientes a una mezcla o puesta en obra más desigual, sin ser tan homogéneo su trabajo (Cammass, 2018), por eso se encuentran más en las primeras acciones mecánicas. En esta prueba, se observó que los poros vesiculares en las muestras tanto de consistencia plástica y viscosa, siendo que en el estado plástico también hay poros cavitarios. Esto ya sería un rasgo útil para diferenciar la cantidad de agua presente en una mezcla arqueológica. Por otra parte, los poros cavitarios se observaron también en la muestra plástica compactada, por lo que no necesariamente serían un indicador de una puesta en obra desigual, sino posiblemente un efecto de la cantidad de agua añadida.

Otro aspecto que también ya se ha observado en otros trabajos micromorfológicos de arqueología de construcción con tierra, y que recoge Cammas (2018), es el hecho que en todas las muestras el material es muy homogéneo, en cuanto a sus componentes, y que eso indica que el material está bien mezclado, bien trabajado; aspecto que en este caso se puede corroborar porque se controló la mezcla y amasado del material. También el hecho de no encontrar laminaciones alternadas de material fino, ni cambios de tonalidad en las muestras, indica que, aunque en las últimas posiciones hubo una alta cantidad de proporción de agua, se mezcló bien todo y no sobrepasó la mezcla. No obstante, en la P6 sí se observan agregados con cambios de textura y de tonalidad, así como la propia organización en agregados indica que esta fue la muestra en la que resultó más difícil homogeneizar la mezcla y trabajarla bien, como consecuencia de su bajo contenido de agua.

Como se ha comentado, la porosidad indica la forma de densificación, pero también la distribución de esta porosidad en la muestra y la orientación de sus poros pueden ser indicativo de la técnica de construcción o elaboración del material (Mateu, 2016; Cammas, 2018). En este estudio, los casos más claros son la muestra P7 y la P6: hay una leve tendencia a la orientación y agrupación de porosidad en la muestra P7 con una distribución más irregular y que quizá puede estar indicando cómo se vertió el material en el molde, y en la P6 donde la porosidad y la distribución del material en una microestructura granular y desigual indica que esta muestra se elaboró compactando capas. Por otro lado, la muestra P12 se observan unas fisuras y una porosidad levemente más alta en el exterior de la muestra, aspecto que indicaría el acomodo del material en el momento que se desmoldó y este no mantuvo su posición original. El resto de las muestras (incluido el centro de la P12) se observa que los poros son muy redondeados y no parecen agrupados, pero los que son más alargados sí tienen una tendencia a estar orientados horizontalmente (siguiendo la acción mecánica al ejecutarse la muestra).

Por otra parte, en la presencia de nódulos e impregnaciones de óxidos-hidróxidos de hierro en todas las muestras no se ha encontrado una diferencia significativa de concentración o características propias en cada posición, por lo que se tiende más a pensar que estos edaforrasgos pudieran proceder de la misma tierra.

Por último, en algunas de las muestras se han identificado restos vegetales. Al controlar el proceso de elaboración del test se puede afirmar que no hubo intención de añadir algún tipo de componente vegetal. La aparición de estos restos indica que se mezclaron accidentalmente al momento de amasado o de elaboración de los testigos. Aspecto a tener en cuenta en estudios de materiales arqueológicos.

6 CONSIDERACIONES FINALES

A pesar de no haber analizado las muestras que surgieron del ejercicio aplicado en la Universidad Autónoma de Zacatecas, se pudo notar que antes de la aplicación del test Carazas, entre la población estudiantil de la Unidad académica de Antropología de la UAZ predominaba una perspectiva distorsionada con respecto a las características y cualidades de la arquitectura y construcción con tierra, ajeno a las ventajas que están disponibles en la actualidad en lo referente a sistemas constructivos de este material. Sin embargo, después de la realización de este ejercicio se ha podido notar una transformación radical, que es el resultado de la concientización que tuvo lugar al aproximar a los estudiantes no sólo a la naturaleza y variedad de recursos edafológicos que existen en su entorno para ser usados como materiales de construcción, sino también al potencial que tiene la arquitectura y construcción con tierra para generar un entorno sustentable y relativamente accesible. Sin la aplicación del test, esta transformación no hubiese sido posible. Una de las consideraciones de esta etapa, basada en la experiencia de la práctica desarrollada, es que, para seguir con la investigación, será necesario, como mínimo, de una próxima prueba, con la misma tierra, pero dejándola ya mezclada con agua durante la noche. Esto se debe a que la manera tradicional contemporánea de hacer adobes no usa la tierra directamente extraída del banco, sino que se deja remojar (Rotondaro, 2011, p. 21); por lo tanto, se tiene la idea de que esto provocará características micromorfológicas diferentes observables, sobre todo en comparación con las muestras aquí presentadas. También se considera interesante comparar todas estas muestras con una muestra geológica del banco donde se extrajo la materia prima, para poder determinar las diferencias y la composición.

Gracias a este trabajo se ha podido diferenciar cuatro categorías de propiedades significativas micromorfológicamente: porosidad total, tipo de poro y su relación proporcional, posición de los tipos de poros dentro de la muestra, y grado de homogeneidad de la muestra (microestratigrafía). Estos permiten diferenciar entre la P6, que representaría el tapial (tierra húmeda y compactada) y la P7, que correspondería a la tierra vertida (plástico llenar). Del resto de posiciones también se ve las diferencias de densificación/porosidad, pero que al estar más húmedas no se observa la diferencia entre lo que sería un *cob* de un adobe, si bien la proporción relativa de poros cavitarios y vesiculares podría llegar a ser un rasgo que permita distinguirlos. Habrá que tomar en cuenta que en las diferentes técnicas también influye el uso del añadido intencional de componentes vegetales. No obstante, las posiciones P8 y P9 serían las que tendrían las características de un adobe (sin componentes vegetales), por ser también las que mantuvieron mejor su estructura una vez desmoldadas.

El análisis de las láminas delgadas también será de utilidad para entender las de muestras arqueológicas de muros (*cob* o adobes), techos, pisos y repellos en tierra del sitio. Este trabajo mostró cómo el análisis de muestras experimentales, de las que se conoce el tipo de tierra, la humedad y temperatura ambiente y grado de densificación no mecánicas (por ende, se infieren más parecidos a los procesos de ejecución tradicionales) pueden ampliar o modificar las interpretaciones derivadas del sólo estudio de muestras arqueológicas y ayudar a la correcta identificación de las técnicas constructivas en los materiales prehispánicos del sitio, o cuando menos a una mejor comprensión de proceso de manufactura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bullock, P.; Fedoroff, N.; Jongerius, A.; Stoops, G.; Tursina, T. (1985). Handbook for soil thin section description. Wolverhampton, GB: Waine Research publ.
- Cammas, C. (2018). Micromorphology of earth building materials: Toward the reconstruction of former technological processes (Protohistoric and Historic Periods). *Quaternary International* 483: 160-179.
- Carazas, W. (2017). Test carazas. Manual pedagógico. Ensayos de correlación de las tres fases de la materia tierra. Guadalajara, México: A+terre Ediciones.
- Daneels, A.; Vernucci, A. (2017). Experimento de construcción con materiales, herramientas y métodos prehispánicos en México. 17º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. La Paz, Bolivia: FAADU-UMSA/PROTERRA. p. 28-38.
- Gama Castro, J.; Cruz y Cruz, T.; Pi Puig, T.; Alcalá, R.; Cabadas, H.; Jasso, C.; Díaz, J.; Sánchez, S.; López, F.; Vilanova, R. (2012). Arquitectura de tierra: El adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 64 (2):1077-1188.
- Loaiza, J.C.; Stoops, G.; Poch, R.M.; Casamitjana, M. (2015). Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias. Medellín, Colombia: Fondo editorial Pascual Bravo.
- Mateu, M. (2016). Estudi de la terra cruadurant la primera edat del ferro al nord-est de la península Ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica dels materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Tesis doctoral. Barcelona, España: Universitat de Barcelona. Disponible en <http://hdl.handle.net/10803/397708>
- Piña, J. S.; Cabadas-Báez, H. (2018). Micromorfología: un recurso para la identificación de rasgos tecnológicos en la arquitectura de la Joya, Veracruz, México. 18º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. La Antigua Guatemala, Guatemala: USAC-CII/PROTERRA. p. 46-54.
- Rotondaro, R. (2011). Adobe. En C. Neves y O. Borges Faria (eds.), Técnicas de construcción con tierra. Bauru: FEB-UNESP-PROTERRA, p. 16-25. Disponible en: https://redproterra.org/wp-content/uploads/2019/04/tecnicas_de_construccion_con_tierra.pdf
- Stoops, G. (2003). Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin section. Madison, Estados Unidos: Soil Science Society of America.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Annick Daneels, directora del proyecto “Exploraciones en el centro de Veracruz” (INAH) y del proyecto “Identificación de una tecnología de construcción prehispánica con tierra cruda” (CONACyT) (CB2015-254328) por brindarnos su apoyo incondicional y fungir como guía a lo largo del desarrollo de la presente investigación. Al Dr. Luis Fernando Guerrero-Baca por sus puntuales consejos para optimizar el control del Test y generar muestras con el menor rango de variación posible.

A los alumnos de la Universidad Autónoma de Zacatecas por su entusiasmo e interés en la ejecución del test Carazas en las instalaciones de la Unidad Académica de Antropología de dicha universidad y a las autoridades que hicieron posible la realización de este ejercicio.

Al financiamiento de parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (PAPIIT IN400816) y CONACyT (CB2015-254328), incluyendo la beca de licenciatura del primer y segundo autor.

La autora Marta Mateu agradece a la UNAM la concesión de la beca posdoctoral en el IIA que está permitiendo desarrollar, en esta institución, los estudios micromorfológicos de la arquitectura en tierra mesoamericana.

AUTORES

Juan Salvador Piña Guido, pasante en arqueología por la Escuela Nacional de Antropología e Historia, México, colaborador en el proyecto “Exploraciones en el centro de Veracruz” (INAH) e “Identificación de una tecnología prehispánica de construcción con tierra cruda” (CONACyT), a cargo de los análisis micromorfológicos de las muestras constructivas prehispánicas.

Hugo Alejandro Fernández, becario CONACyT CB2015-254328 adscrito a los estudios micromorfológicos de las muestras constructivas prehispánicas del proyecto, estudiante de la licenciatura de arqueología en la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Marta Mateu Sagués, doctora en arqueología (Universidad de Barcelona), micromorfóloga, arqueóloga e historiadora; beneficiaria del Programa de Becas Posdoctorales, UNAM, como becaria del Instituto de Investigaciones Antropológicas, con la asesoría de la Dra. AnnickDaneels; miembro del Grupo de Investigaciones Arqueológicas Protohistóricas (GRAP-UB) y codirectora de las excavaciones e investigaciones del sitio arqueológico de Sant Jaume (Alcanar, España).

Gerardo Fernández, maestro en Ciencias, docente investigador de la Unidad Académica de Antropología de la Universidad Autónoma de Zacatecas, titular de la asignatura “Arquitectura prehispánica” en la licenciatura de arqueología, actual director del proyecto “Análisis de materiales del proyecto arqueológico Ojo Caliente” y del “Proyecto Zacatecas y su región”.