



## EL SUELO COMO MATERIA PRIMA EN LA ARQUITECTURA DE TIERRA DE LA JOYA, VERACRUZ MÉXICO

Thania Alejandra García Zeferino<sup>1</sup>; Sergei Sedov<sup>2</sup>; Jaime Díaz Ortega<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.  
splan\_thania@hotmail.com

Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>serg\_sedov@yahoo.com; <sup>3</sup>jaimedo@geologia.unam.mx

**Palabras clave:** Geo-arqueología, procesos pedo-genéticos, textura.

### Resumen

El sitio arqueológico de La Joya, localizado en el estado de Veracruz, es uno de los miles de sitios con arquitectura de tierra monumental en el trópico húmedo de la costa del Golfo de México. Considerando el ambiente adverso, el estudio geo-arqueológico de la materia prima con la que fueron construidos los basamentos, permite conocer los tipos naturales y las posibles alteraciones o modificaciones antrópicas que influyeron en una buena utilización de dicho material. Se muestrearon suelos naturales y suelos antrópicos, dentro del sitio, así como sedimentos de rellenos de los basamentos, y finalmente, suelos sepultados bajo las pirámides; esto con el objetivo de comparar mediante análisis petrográfico y micro-morfológico, si se trataba de un mismo tipo de suelo. Las muestras también se analizaron con otras técnicas como textura por pipeta (para definir el porcentaje de arena, limo y arcilla) y composición total por análisis de difracción. Los principales resultados han sido la composición mineralógica total de las muestras y la definición de los tipos de arcilla predominantes en los suelos naturales y antrópicos. Además los posibles tipos de suelo que fueron utilizados como materia prima de los basamentos y los procesos pedo-genéticos que ocurrieron antes y después de la ocupación de estos.

### 1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura de tierra, es considerada como el conjunto de edificios construidos con tierra en su estado natural y es una mezcla de arcilla, arena y limos y, en algunas ocasiones grava o piedras (Bardou; Arzoumanian, 1981).

En los estudios tecnológicos en la construcción de estos basamentos y plataformas, un tema de vital importancia es el estudio del material con el que estaban hechos: el suelo, que por lo general estaba cercano a las construcciones y que es importante para esta investigación, ya que, en este caso, funge como "memoria edáfica", la cual contiene el registro del medio ambiente y las actividades antrópicas.

Esta evidencia se puede encontrar en los suelos enterrados, mejor conocidos como paleosuelos, los cuales fueron formados *in situ* y posteriormente sepultados debajo de la construcciones y/o utilizados como el relleno de ellas. Algunos de estos ejemplos, a nivel mundial, son los *tells* en medio oriente o los *kurgans* en las estepas de Eurasia.

En Mesoamérica, son pocos los proyectos de investigación enfocados a los aspectos paleopedológicos de este tipo de arquitectura. A pesar de que los basamentos mesoamericanos en su mayoría están hechos de tierra y posteriormente se cubrían con rocas, no se le da gran importancia a este tipo de rellenos.

Sin embargo, uno de los sitios donde hay gran cantidad y variedad de estudios, en el área tropical, es La Joya en el estado de Veracruz. Dicho sitio se localiza en el municipio de Medellín de Bravo, a 15 kilómetros al sur del puerto de Veracruz. Las coordenadas de la gran pirámide son E14B49 UTM E799798 N2110514, las cuales fueron extraídas de la carta E14B49 del Instituto Nacional de Estadística e Geografía (INEGI) (figura 1).

El sitio se ubica en las tierras bajas del centro de Veracruz, entre los ríos Cazones, El Necaxa-Tecolutla, el Antigua-San Juan y el Jamapa-Cotaxtla. Su clima es tropical caluroso y semiárido, con lluvias de temporal en verano y alcanza una temperatura de 25°C y precipitación 1500 msnm al año (Daneels; Guerrero, 2011).

La Joya está fechada el Clásico Temprano (100-300 d.C.), Clásico Medio (300-700 d.C.) y Clásico Tardío (700-1000 d.C.), según datos de carbono 14 (Daneels, 2001). Tiene una extensión de 500.000m<sup>2</sup> y está conformado por la pirámide principal, la plataforma norte y este y un juego de pelota. Es importante mencionar que las plataformas tienen registradas de 5 a 6 etapas constructivas en un rango de 1000 años aproximadamente y la pirámide principal 2 etapas (Daneels; Guerrero, 2011).

Arquitectónicamente, está compuesto por la pirámide principal, las plataformas norte y este, la cancha del juego de pelota y los aljibes artificiales; cabe destacar que como se puede ver en la figura 1, no son los únicos elementos arquitectónicos, pero sí de los que aún queda evidencia.

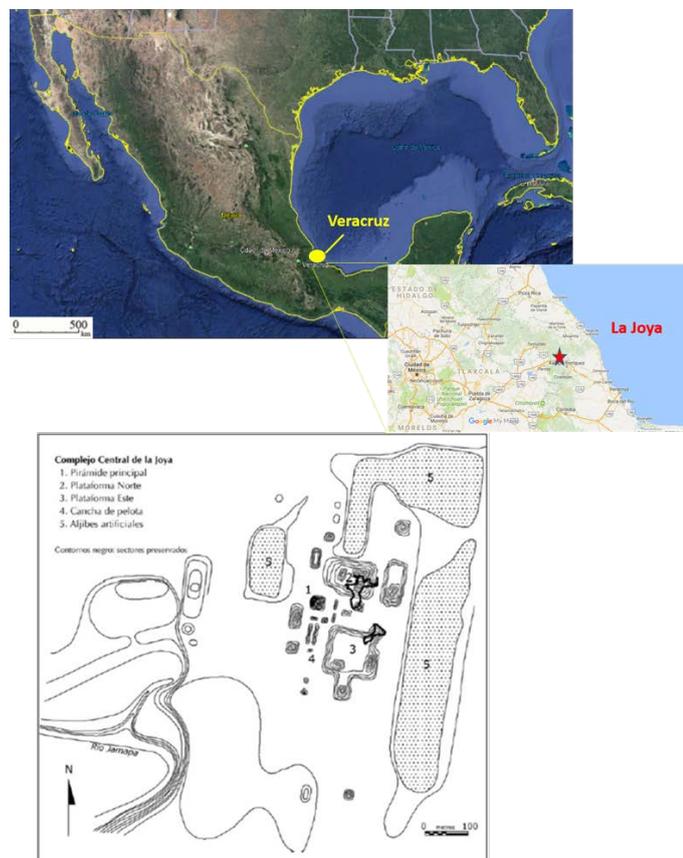


Figura 1. Mapa de ubicación del sitio arqueológico La Joya (Google Earth; 2018). Reconstrucción en planta del sitio arqueológico de La Joya, Veracruz (Fuente: Liberotti; Daneels, 2012)

Se han hecho algunos estudios sobre los sistemas constructivos de arquitectura de tierra prehispánica, pero no existe una estandarización como tal. Uno de los trabajos pioneros en esta estandarización, (Daneels, 2015:2) ha identificado varios de estos sistemas en algunos sitios del país y los ha clasificado en cinco áreas culturales para América: al norte la Misisipiana y la Pueblo (del suroeste de EEUU y noroeste de México), en el centro la Mesoamericana y en el sur la Andina y la Amazónica. Sin embargo, aún faltan varias investigaciones que permitan seguir ampliando el conocimiento en este tipo de arquitectura prehispánica.

## 2. PLANTEAMIENTO

Debido a la localización del sitio y el clima tropical que prevalece en esa región, los procesos pedo-genéticos en los suelos van a influir en la conservación y preservación de las estructuras. Por este motivo, esta investigación pretende dar los parámetros de la utilización del suelo en la construcción de los basamentos y tratar de establecer una correlación entre los recursos naturales con el uso que le dieron esas poblaciones.

Los resultados preliminares de esta investigación permitirán estudiar los diferentes tipos de suelos que se localizaban en el medio circundante del sitio, así como la evaluación de los procesos pedo-genéticos que ocurrieron en ese suelo y que posteriormente afectarían la estructura de los basamentos durante su construcción y posterior a ella.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1 Objetivo general

Identificar y caracterizar los suelos naturales, utilizados como materia prima en la construcción de los basamentos del sitio arqueológico.

### 3.2 Objetivos específicos

- Detección del origen de los rellenos de las estructuras arquitectónicas.
- Identificar los procesos poli-genéticos y la evolución del suelo utilizado para las estructuras.

## 4 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Los resultados de esta investigación se basaron en dos perfiles estratigráficos dentro del sitio La Joya, de los cuales se extrajeron muestras de tierra suelta para análisis físico-químicos y bloques orientados de cada horizonte para el estudio micromorfológico, esto con el fin de comprobar las características observadas en campo con las que se identificarán en laboratorio. Finalmente se planteó una metodología de trabajo que permitiera conocer las características mineralógicas y pedológicas de los suelos. Se presentarán los resultados de tres análisis: textura, micromorfología y análisis de difracción de rayos x. A continuación, se describe brevemente cada una de las técnicas.

### 4.1 Textura

Es una característica física con la que se puede inferir, según el tamaño de la partícula, el comportamiento físico y las características hidráulicas del suelo. Además, permite indicar la proporción de partículas fundamentales en el suelo: arcilla, limo y arena.

Para el análisis de las muestras de esta investigación se utilizó el método de la pipeta, en el cual, como primer paso se hizo una solución de suelo con hexametáfosfato de sodio.

### 4.2 Micromorfología

En este análisis, se observaron aspectos específicos de la formación del suelo, observando los edaforrasgos presentes en él, como la estructura y la composición de suelos y sedimentos y aspectos físicos, químicos y biológicos de un suelo *in situ*, esto, gracias a la observación de láminas delgadas en microscopio petrográfico.

Esta técnica aplicada a la arqueología brinda una oportunidad única de visualizar el contexto arqueo-sedimentario a una escala temporal idónea. Esto se debe a que, en muchos casos, el paso de un siglo puede ser equivalente a no más de un centímetro de sedimento, con lo que el cambio cultural o ambiental puede pasar desapercibido a falta de una perspectiva microscópica (Loaiza et al., 2015: 322).

Las muestras de los materiales seleccionados se impregnan con una preparación de resina poliéster. Posteriormente se pulen con carburo de silicio, empezando con un calibre de 600 y finalizando con 1000.

Para el pegado sobre una lámina se utiliza resina Loctite de curado UV, la cual es un pegamento de secado rápido bajo el sol o con ayuda de una máquina de rayos UV. Al finalizar el pegado, se vuelven a cortar, hasta quedar placas de unos pocos milímetros grosor que se desbastan posteriormente -con lijas con granos de 50 a 240 y con abrasivos de 600 a 1000-, hasta dejarla con un grosor no mayor de 5 micras para poder observarla en el microscopio.

### 4.3 Difracción de rayos x

Se basa en la interacción de la estructura cristalina de un sólido con una fuente de rayos x. Esta estructura cristalina está presente en muchos sólidos tanto naturales como artificiales y consiste en la repetición periódica de los átomos o moléculas que forman este sólido en las tres direcciones del espacio

Los pasos para el tratamiento de las muestras fueron primero la homogeneizaron para posteriormente tamizarlas (<75micras) y montarlas en un porta muestras de aluminio de doble carga. La medición se realizó en el intervalo angular  $2\theta$  de  $5^\circ$  a  $80^\circ$  con un "step scan" de  $0,003^\circ$  (2 Theta) y un tiempo de integración de 40s por paso. Finalmente, los difractogramas se obtuvieron en un difractómetro EMPYREAN equipado con filtro de Ni, tubo de cobre de foco fino, monocromador y detector PIXcel3D.

## 5 RESULTADOS

Se tomaron muestras de dos perfiles dentro del área del sitio arqueológico.

### 5.1 Perfil La Joya 1

Este perfil se localizó al sur de la pirámide principal y su profundidad fue de 3,70m. Al 1,85m se identificó un paleosuelo, del cual existía la posibilidad de que se tratara del mismo que se encuentra debajo de las estructuras del sitio, por las características observadas en campo como estructura y color. Presentaba un horizonte A de poco espesor, por lo que en primera instancia se creyó que tal horizonte se había erosionado o que lo habían quitado intencionalmente. En los siguientes horizontes ( $AB_t$ ,  $B_w$  y  $B_t$ ) se observaron algunos revestimientos de arcillas al romper los agregados y *slikensides*, que son facetas de fricción entre un agregado y otro y que son características de suelos de ambientes estacionales, y pequeños nódulos que posiblemente eran óxidos de hierro. Finalmente, en los horizontes más profundos se observaron características *gleycas*, principalmente por el color gris/azulado.

### 5.2 Perfil La Joya 4

Este perfil se localizó al este de la pirámide principal, en el relleno de una subestructura de la cual, aún no se tenía registro. Se localizó a 70 cm de la superficie y, en primera instancia se observó muy parecido con el horizonte A del perfil La Joya 1; por esta razón es que se creyó se trataba del mismo suelo. Además, presentó también algunos revestimientos de arcilla y una estructura sub-angular. Una característica de este perfil es que todos sus horizontes presentaban cierto grado de compactación, lo cual indicaba una preparación previa para la construcción de las estructuras.

En el análisis micromorfológico, en ambos perfiles destacan los componentes volcánicos, así como fragmentos rocosos.

En La Joya 1, los horizontes A, AB y  $AB_t$  presentan componentes volcánicos como plagioclasas, cuarzos y feldespatos. Como ya se mencionó anteriormente, este horizonte tiene un espesor pequeño, que seguramente fue removido o erosionado; sin embargo, en la muestra aún queda registro de rasgos de iluviación de arcilla, aunque pocos cutanes y de características vérticas, las cuales se constatan por la arcilla alineada a lo largo de poros.

En los horizontes  $B_w$  y  $B_t$  se observaron cutanes de iluviación; generalmente estos elementos están asociados a poros por lo que una de sus características es la alineación de arcillas en

diferentes capas, sin embargo, en este caso se pueden observar fragmentados e incorporados a la matriz de suelo (figura 2).

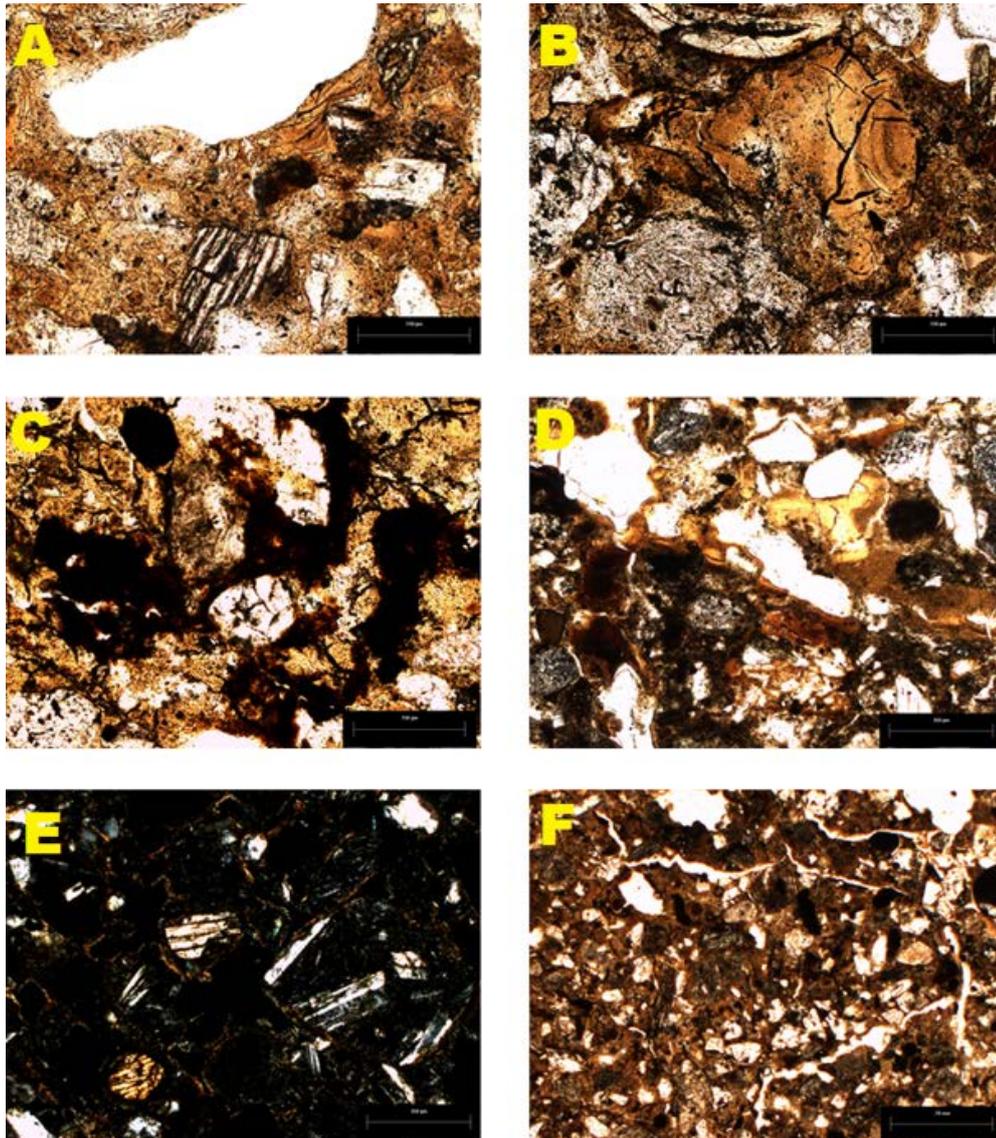


Figura 2. (A) Revestimientos de arcilla fragmentados, plagioclasas y cuarzos, Luz polarizada; (B) Revestimiento de arcilla fragmento inmerso en la matriz del suelo vista con luz polarizada; (C) Rasgos de oxidación característicos de ambientes de saturación de agua ( luz polarizada); (D) Diferentes revestimientos de arcilla en luz polarizada (E) Componentes volcánicos: plagioclasas y cuarzos, además rasgos de arcilla rodeando los minerales, rasgo que habla de un alto intemperismo de los minerales, nicoles cruzados (NX); (F) Estructura sub-angular de los agregados del suelo en luz polarizada (crédito: T. García)

En el caso del perfil La Joya 4, se tiene un horizonte AB, que es el más profundo de la secuencia, en el se observaron de igual manera, componentes volcánicos: plagioclasas, feldespatos, cuarzos y vidrio volcánico. En este horizonte también se identificaron huesos fragmentados, mismos que se asociaron a la cantidad de materia orgánica típica de un horizonte A.

En los siguientes horizontes, que se denominaron como rellenos, se identificaron materiales orgánicos como huesos y carbón. Lo que destaca en el relleno I y II, es la aparición de rasgos que se denominaron líneas de compactación, y que al parecer indican el sistema constructivo que se utilizó. También se identificaron rasgos de iluviación y cutanes. Estas características fueron muy parecidas a los horizontes B<sub>w</sub> y B<sub>t</sub> del perfil La Joya 1.

En el relleno 3 se observan con más claridad los rasgos vérticos que se observaron en horizonte AB del perfil anterior (figura 3).

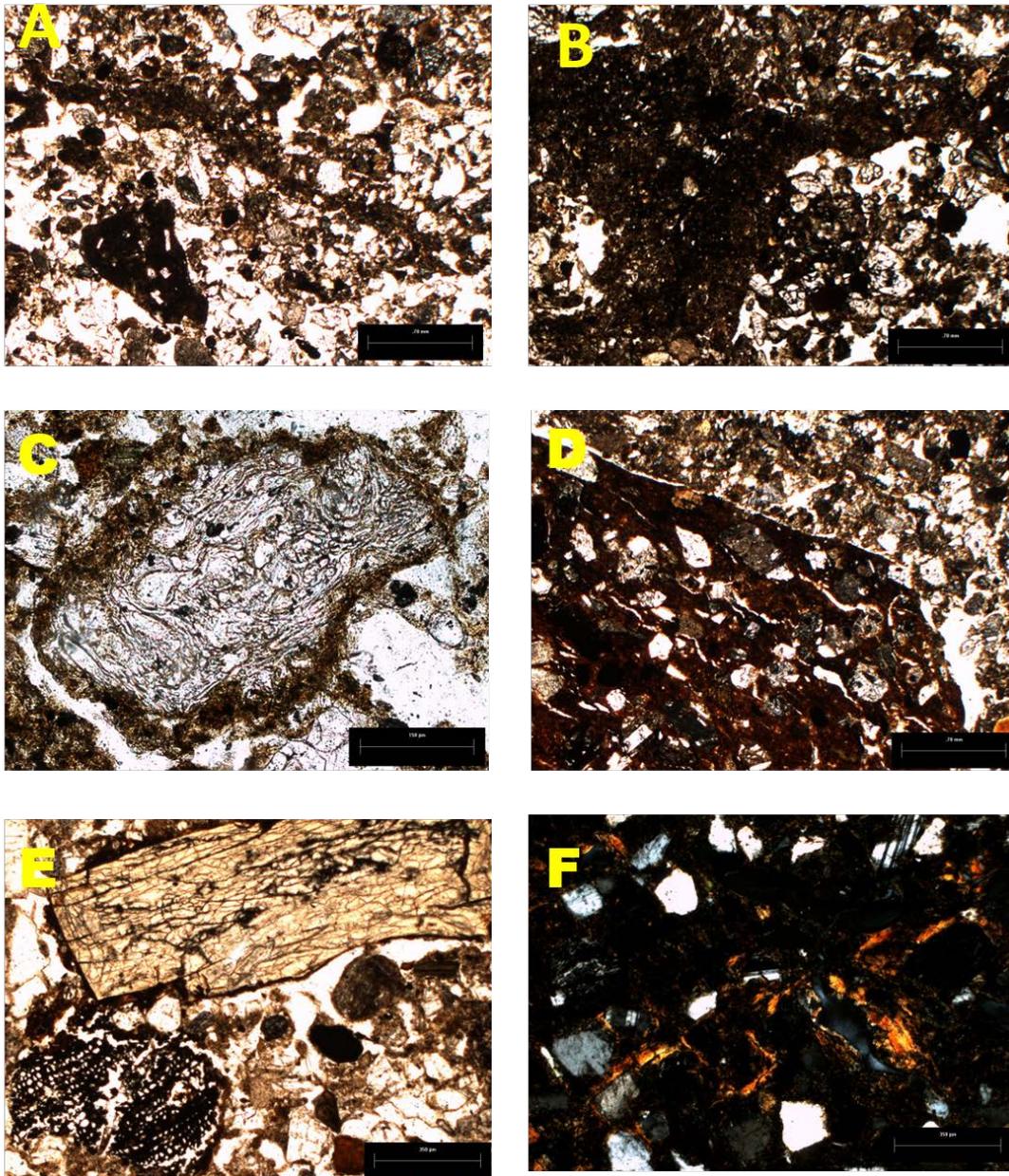


Figura 3. (A) línea de compactación con pigmentación oscura, asociada a un proceso de compactación intencional vista con luz polarizada; (B) Agregado de suelo que parece estar aplastado, quizá también producto de compactación intencional como parte del sistema constructivo (luz polarizada); (C) Fragmento de vidrio volcánico fresco (luz polarizada); (D) Fragmento de cerámica con componentes volcánicos y cambio de color por la cocción a la que fue sometida (luz polarizada); (E) Fragmento de hueso y carbón (luz polarizada); (F) Partículas de arcilla alineada con birrefringencia en los poros (nicoses cruzados NX). (crédito: T. García)

En el caso de los resultados de la textura se pudo observar que, en ambos perfiles, el tamaño de partícula predominante es la arena. Cabe destacar que en algunos horizontes la arcilla tiene un porcentaje considerable como en el horizonte AB<sub>t</sub> del perfil 1 y en el relleno II del perfil 4 (figura 4).

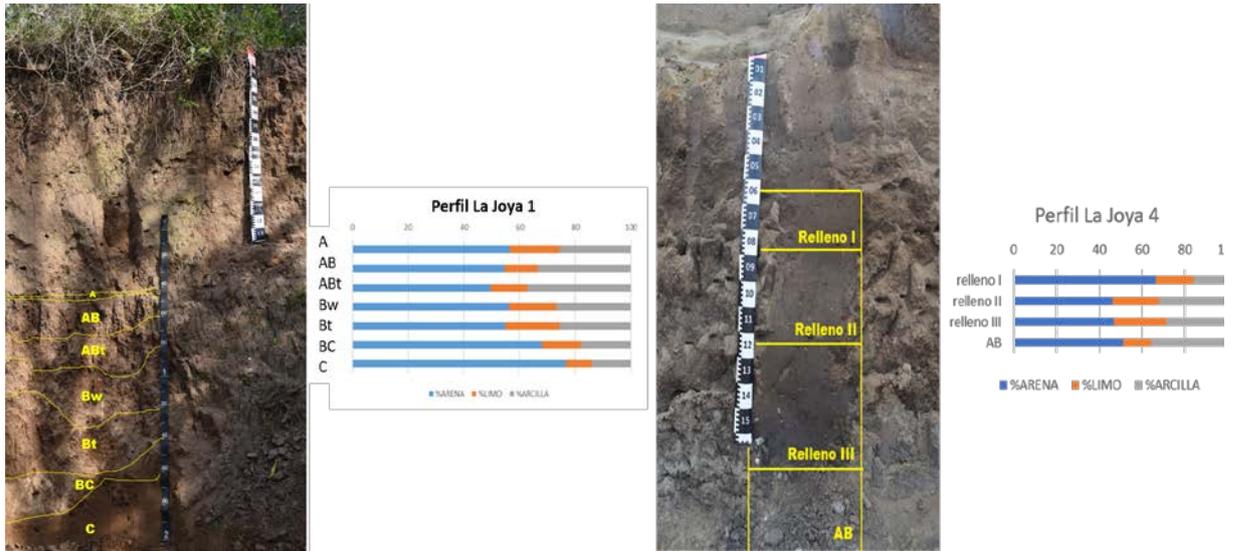


Figura 4. Perfil La Joya 1 y gráfica de textura (lado izquierdo); Perfil La Joya 4 y gráfica de textura (lado derecho). En ambos casos se observa que el tamaño de partícula es la arena.

En un estudio previo, se hicieron análisis de un perfil ubicado en el aljibe (no. 5 en la figura 1), en el cual se describieron algunos horizontes gleycos (condiciones de saturación de agua por el manto freático) que también fueron utilizados en los rellenos de las estructuras. Pero estos materiales son muy diferentes a los perfiles descritos en este estudio, lo cual sugiere que ese perfil gleyco también pudiera ser una fase del desarrollo del suelo (figura 5).

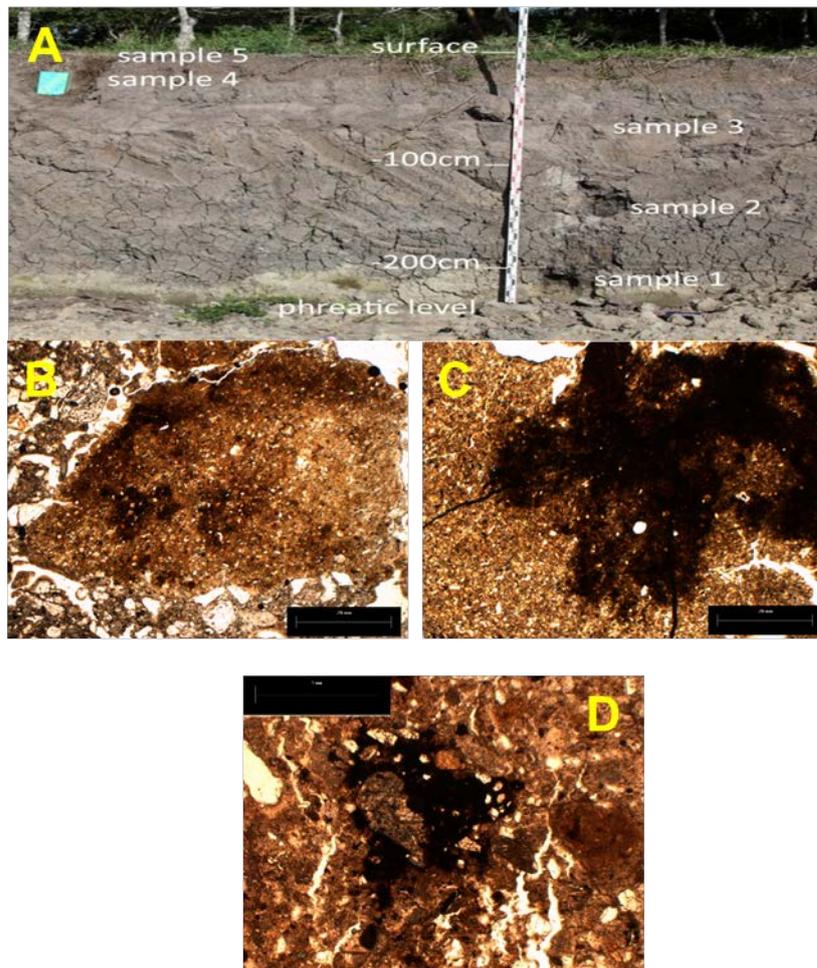


Figura 5. (A) Perfil de la paleoduna debajo de la gran pirámide; (B) Agregados con características gleycas (luz polarizada) observadas en el perfil La Joya 4 (D) Presencia de óxidos de hierro y material

gleyco más fino y con un grado de compactación alto observadas en el perfil La Joya 4; (D) óxido de hierro en la muestra 5 del perfil de la paleoduna debajo de la gran pirámide. (luz polarizada). En esta muestra se pudieron observar características similares con los rasgos encontrados en las muestras del perfil La Joya 4, lo cual indicaría una posible similitud en el material (créditos: T. García y J. Díaz)

En el caso de los resultados de difracción de rayos x, se obtuvieron los porcentajes mineralógicos de la roca total de todos los horizontes de los dos perfiles. En estos datos se destacan algunos componentes principales como las plagioclasas del tipo andesítico, cuarzos y esmectita (figura 6)

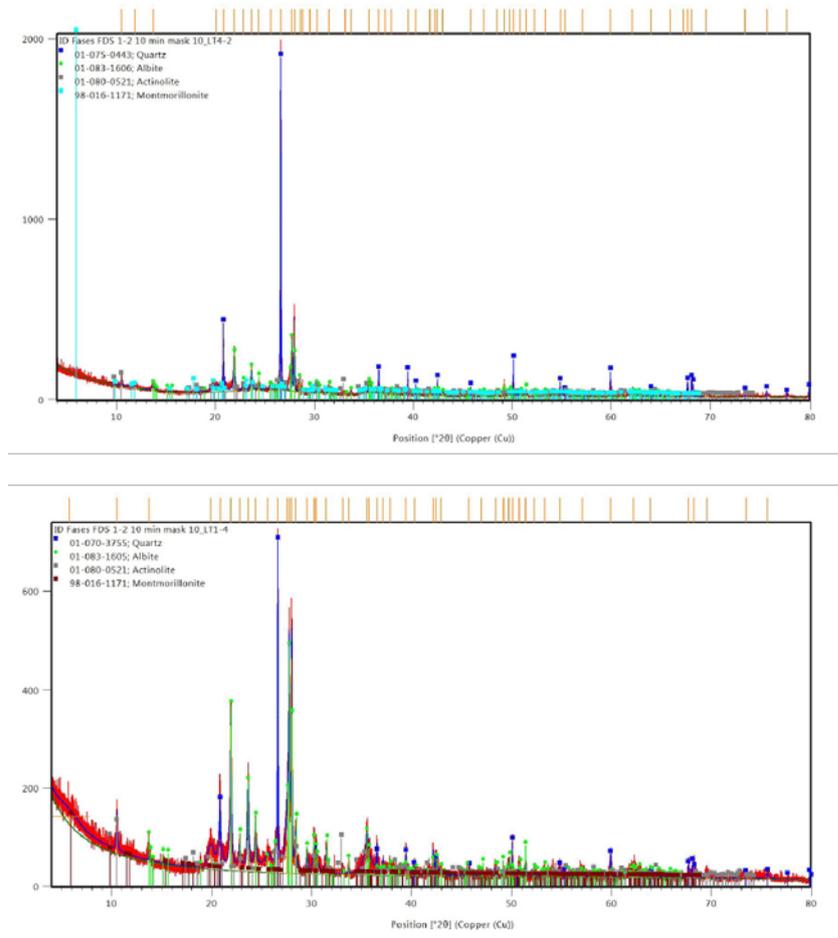


Figura 6. Difractograma del relleno II del perfil La Joya 4 (arriba) y del horizonte AB<sub>1</sub> del perfil La Joya 1 (abajo)

#### 4. DISCUSIÓN

De acuerdo a las características observadas en los análisis que se hicieron a las muestras, el primer aspecto que se debe de discutir, es que en el perfil La Joya 1, hay un proceso de formación de suelo *in situ*. Sin embargo, hay varias características que indican que hay poligénesis en este proceso de transformación, es decir intervinieron más procesos de formación en el suelo porque quizá se formó en diferentes intervalos bajo distintas condiciones ambientales. La primera fase son los procesos de iluviación constatado por los revestimientos de arcilla y que, en los resultados de textura, en los horizontes AB y AB<sub>1</sub> el porcentaje de esta fracción mineral es alto, en comparación con los otros horizontes de este perfil.

La segunda fase es la identificación de rasgos vérticos, donde se observó una estructura bien desarrollada en bloques sub-angulares y, además, algunos tipos de poros llamadas fisuras. Además, en la difracción de rayos X, el tipo de arcillas predominante son las del tipo de las esmectitas, las cuales son el tipo de filosilicatos característicos y que dan las

propiedades que permiten los procesos de expansión-contracción en épocas estacionales en este tipo de suelos.

Finalmente, la última fase es la formación de un horizonte A, el cual está antropizado, lo cual indica una ocupación larga e intensa, incluso antes de la construcción de la pirámide y de que fuera ocupado como material constructivo, y por lo tanto, un largo tiempo donde este horizonte fue superficie.

En el caso del perfil 4, que son los rellenos dentro de las estructuras, se destaca lo siguiente: la presencia de materiales orgánicos, como huesos algunos mejor preservados que otros, lo cual indica un horizonte A retrabajado para utilizarlo como materia prima.

El siguiente aspecto observado es la presencia de materiales de iluviación en los horizontes B, también constatado por la cantidad de revestimientos de arcilla en poros y la presencia de revestimientos fracturados, los cuales también indican el retrabajo del suelo para su posterior utilización como material de construcción.

Es importante mencionar que había presencia de nódulos de óxidos de hierro, pero en proporción muy baja, lo que habla de condiciones de saturación de agua, sin embargo, también se propone que estos rasgos estén asociados al proceso de compactación, el cual no permite que percole el agua a más profundidad y se sature.

Se observaron partículas del tamaño de las arenas; aunque cabe mencionar que en el relleno más superficial (relleno I), hay un alto porcentaje de arcillas, lo cual se puede correlacionar, ya que si este suelo fue utilizado para el relleno de las estructuras se observarían las mismas características que los horizontes B del paleosuelo.

Finalmente, se identificaron posibles rasgos tecnológicos en las líneas de compactación, que seguramente fueron agregados que estuvieron en superficie y que están incorporados dentro de los rellenos de las plataformas.

En este perfil, se propone una "inversión de perfil", es decir, los edaforasgos más profundos son característicos de horizontes A que son típicamente superficie y comparando los dos perfiles, se propone que los edaforasgos son similares y por lo tanto el material de los rellenos sí podría provenir de este paleosuelo de formación poli genética.

Es importante mencionar nuevamente, que los datos obtenidos en el análisis micromorfológico de las muestras del aljibe, presenta algunas características similares con los edaforasgos de los perfiles analizados, principalmente en el perfil La Joya 4. Por tal motivo, se propone que se trata de una fase de poli-génesis final del paleosuelo y que también fue utilizado en la construcción de los basamentos.

## 5. CONCLUSIONES

El paleosuelo del perfil 1 presenta poligenésis, es decir se formó a través de tres etapas, las cuales fueron corroboradas en los edaforasgos. Sin embargo, estos se dan en diferentes tipos de ambiente: los procesos de iluviación (revestimientos de arcilla) son característicos de ambientes húmedos, mientras los rasgos vérticos (fisuras, *slikensides* y el alto contenido de esmectita) denotan ambientes estacionales con déficit de humedad.

En el caso del perfil 4, los edaforasgos también sugieren características vérticas y de iluviación de arcilla, por lo que comparando se podría sugerir que fue el mismo suelo en ambos perfiles, sin embargo, debido a las líneas de compactación observadas en las láminas delgadas, se puede suponer que el suelo tuvo diferentes momentos de preparación previo a la construcción del edificio.

Finalmente, es importante mencionar que la micromorfología es una técnica pionera en el estudio de los suelos arqueológicos, que ha permitido la identificación de los diferentes tipos de uso de suelo e identificar y caracterizar los diferentes tipos de ambiente donde se desarrollaron las sociedades prehispánicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bardou, P; Arzoumanian, V. (1981) Arquitecturas de adobe. Editorial Gustavo Gill.

Daneels, A. (2001). La relación entre la costa del Golfo de México y la Costa del Pacífico de Centroamérica, vista desde Veracruz. En Laporte, J. P.; Suasnívar, A.C.; Arroyo, B., XIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2000. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala (versión digital). p.1013-1029

Daneels, A. (2015) Los sistemas constructivos de tierra en el México prehispánico. 15º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Cuenca, Ecuador: Proyecto vliirCPM-Universidad de Cuenca/PROTERRA

Daneels, A.; Guerrero Baca, L. F. (2011). Millenary earthen architecture in the tropical lowlands of Mexico. APT Bulletin 42 (1), p. 11-18.

Liberotti, G.; Daneels, A. (2012). Adobes en arquitectura monumental: análisis químico, físicos, arqueología y reconstrucción 3D para determinar las técnicas constructivas en los sitios de La Joya (México) y Arslantape (Turquía). Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana [en línea], no. 64.

Loaiza, J. C.; Stoops, G.; Poch, R. M.; Casamitjana, M. (eds) (2015). Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Pascual Bravo.

## AUTORES

Thania Alejandra García Zeferino, Arqueóloga por la Escuela Nacional de Antropología e Historia, ENAH. Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

Sergei Sedov, doctor en Ciencias (Biología) por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, Maestro en Ciencia del Suelo y Agroquímica por la Universidad Estatal de Moscú Lomonosov. Líneas de investigación Geo-arqueología, Geografía de suelos, intemperismo y neoformación de minerales en suelos, Micromorfología y Paleopedología.

Jaime Díaz Ortega, maestro en Ciencias de la Tierra, Instituto Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Línea de investigación: Paleosuelos.