



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

INSTITUTO DE GEOLOGÍA  
Ciencias ambientales

**El suelo como fuente de materia prima en la arquitectura  
de tierra de Mesoamérica antigua.**

**TESIS**

QUE OPTA POR EL POSGRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PRESENTA

**Thania Alejandra García Zeferino**

JURADO EXAMINADOR

Dr. Sergey Sedov (Tutor), Instituto de Geología  
Dra. Annick Daneels, Instituto de Investigaciones Antropológicas  
Dra. Teresa Pi, Instituto de Geología

Ciudad Universitaria Cd. de Méx., Enero, 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# ÍNDICE

## RESUMEN

### Agradecimientos

### Listado de figuras

INTRODUCCIÓN .....	16
Planteamiento del problema.....	18
Justificación.....	18
Hipótesis.....	19
Objetivo general .....	19
Objetivos particulares.....	20
CAPÍTULO 1 .....	21
Marco teórico .....	21
1.1 Geoarqueología.....	21
1.2 Pedología y micromorfología.....	24
1.3 Memoria edáfica.....	25
CAPÍTULO 2 .....	26
Antecedentes .....	26
2.1 Arquitectura de tierra .....	26
2.2 Sistemas constructivos de tierra.....	26
Tierra Pura (sin procesar).....	27
Tierra mezclada.....	27
2.2.1 Relleno simple.....	27
2.2.2. Relleno estructurado .....	28
2.2.3 Adobes .....	28
2.3 Tradiciones constructivos de tierra en América.....	29
CAPÍTULO 3 .....	32
Área de estudio.....	32
3.1 Mesoamérica.....	32
3.2 Periodo Clásico mesoamericano en Veracruz y Michoacán.....	33
3.3 Ubicación de sitios .....	34
3.3.1 La Joya.....	34
3.3.2 Localización.....	35

3.3.3 Clima .....	35
3.3.4 Flora y fauna .....	36
3.3.5 Suelo .....	37
3.3.6 Tres Mezquites, Michoacán.....	39
3.3.7 Localización.....	39
3.3.8 Clima .....	40
3.3.9 Flora y fauna .....	40
3.3.10 Suelo .....	40
CAPÍTULO 4 .....	43
Desarrollo de la investigación .....	43
4.1 Metodología.....	43
4.2 Trabajo de campo .....	43
4.2.1 La Joya, Veracruz .....	43
4.2.2 Tres Mezquites, Michoacán.....	47
4.3 Muestreo .....	48
4.3.1 La Joya.....	49
4.3.2 Tres Mezquites.....	50
4.4 Preparación de las muestras.....	53
4.5 Análisis físicos.....	54
4.5.1 Textura .....	54
4.5.1.1 Determinación de textura .....	55
4.5.2 Susceptibilidad magnética.....	56
4.5.2.1 Procesamiento de muestras.....	57
4.5.3 Difracción de Rayos X.....	58
4.5.4 Micromorfología.....	58
4.5.2.2 Observación de las láminas en microscopio .....	60
CAPÍTULO 5 .....	63
Resultados .....	63
5.1 Perfil La Joya 1.....	63
5.1.1 Propiedades físicas .....	65
5.1.1.1 Granulometría (Textura) .....	65
5.1.1.2 Susceptibilidad Magnética.....	66

5.1.1.3 Difracción de Rayos X.....	66
5.1.2. Propiedades micromorfológicas .....	67
5.2 Perfil La Joya 2.....	72
5.2.1 Propiedades físicas .....	74
5.2.1.1 Granulometría (Textura).....	74
5.2.1.2 Susceptibilidad magnética.....	75
5.2.2 Propiedades micromorfológicas .....	75
Tabiques (escombro de producción de ladrillo contemporáneo).....	75
5.3 La Joya 3.....	79
5.3.1 Propiedades físicas .....	81
5.3.1.1 Granulometría (Textura).....	81
5.3.2 Propiedades micromorfológicas .....	82
5.4 Perfil La Joya 4.....	84
5.4.1 Propiedades físicas .....	87
5.4.1.1 Granulometría (Textura).....	87
5.4.1.2. Susceptibilidad magnética.....	87
5.4.1.3. Difracción de Rayos X.....	88
5.4.2. Propiedades micromorfológicas .....	89
5.5 Rellenos de Plataforma Norte .....	93
5.5.1 Propiedades físicas .....	93
5.5.1.1. Granulometría (Textura).....	93
5.5.2. Propiedades micromorfológicas .....	94
5.6 Tres Mezquites.....	97
Perfil Plataforma Epiclásica.....	97
5.6.1 Propiedades físicas .....	100
5.6.1.2. Granulometría (Textura).....	100
5.6.1.3. Difracción de Rayos X.....	101
5.6.2 Propiedades Micromorfológicas .....	101
5.7 Perfil Plataforma 2.....	105
5.7.1 Propiedades físicas .....	107
5.7.1.1. Granulometría (Textura).....	107
5.7.2. Propiedades micromorfológicas .....	108

5.8. Propiedades físicas de las muestras de la unidad UT22 Y UT23 de Tres Mezquites .....	110
5.8.1 Granulometría (Textura) .....	110
5.8.2. Difractograma de comparación La Joya y Tres Mezquites .....	112
Capítulo 6.....	115
Discusión .....	115
<u>Consideraciones finales</u> .....	130
<u>Bibliografía</u> .....	133

## Resumen

En esta investigación se presentan los resultados de diferentes análisis que se realizaron a muestras recolectadas de ocho perfiles estratigráficos en dos sitios arqueológicos: La Joya, Veracruz y Tres Mezquites, Michoacán, los cuales presentan su apogeo durante el periodo Clásico mesoamericano.

En Mesoamérica existe un considerable número de sitios con arquitectura de tierra. En los últimos años se han llevado a cabo estudios tecnológicos que han brindado gran información. Sin embargo, la identificación y caracterización de los suelos para conocer los procesos pedogenéticos que influyeron en su formación es de vital importancia para conocer las condiciones ambientales en el momento de su construcción. A pesar de la lejanía de los sitios y las condiciones climáticas diferentes actualmente, se pretende identificar si estas fueron similares o diferentes en la antigüedad. Es por esta razón, que la arquitectura de tierra, en este caso los rellenos, además de su importancia a nivel constructivo, nos permiten reconocer ciertos elementos que para el caso de la arqueología son de suma importancia para las reconstrucciones paleo ambientales.

En este estudio se pretende hacer una comparación entre dos sitios arqueológicos: La Joya en el estado de Veracruz y Tres Mezquites en Michoacán, ya que el clima es totalmente diferente en ambos y por lo tanto los suelos también. Esto, gracias a los estudios petrográficos y micro morfológicos de suelos naturales circundantes al sitio y rellenos de las estructuras. Dichos análisis apegados al estudio de la memoria edáfica en los rellenos de los edificios de arquitectura de tierra de ambos sitios.

En el sitio de La Joya se muestrearon cuatro perfiles, para comparar paleosuelos naturales y los rellenos de estructuras. En el caso de Tres Mezquites, se muestrearon dos perfiles, de igual manera uno de suelo natural y otro de relleno de la plataforma. En ambos casos se hicieron análisis petrográficos y micromorfológicos y Difracción de Rayos X para obtener la composición elemental total de los diferentes horizontes de los perfiles y definir el tipo de arcilla predominante en ambos.

Los rasgos pedológicos identificados en ambos sitios presentan características similares. En ambos casos se trata de suelos tipo vertisol, que comúnmente se

desarrollan en climas estacionales con arcillas de estructura 2:1 (formada por dos láminas de tetraedros que encierran a una lámina o capa de octaedros) del tipo de la esmectita.

Este tipo de suelo, por sus características se desarrollan en climas específicos por tal motivo, y a pesar de las diferencias climáticas y geográficas de ambos sitios actualmente, se propone que existieron condiciones similares de pedogénesis en ambas regiones, al igual que en Teotihuacan (Sánchez 2015; Rivera; 2009) durante el Clásico en Mesoamérica.



**Dedicada a mi familia...** quienes son la guía de mi vida y por quienes soy quien soy ahora.

**Pa**, gracias por seguir aquí, te amo.

**Ma**, la vida sin ti sería nada, gracias, te amo.

**Mamá Martha**, te amo, por ti estoy donde estoy porque siempre eres la primera en confiar mí sin dudarlo ni un momento. Te adoro

**Pabu**, gracias porque sigo siendo tu pensamiento feliz, eres la fuerza y luz de mi vida.

**Dany**, donde estés siempre guías mi corazón y me haces saber, de cualquier forma, el camino que tengo que tomar. Tres orejas cachetón.

**Alma**, mi hermana mayor, quien me ha dado el mayor ejemplo de inteligencia y fuerza, aunque no te lo creas. Te quiero

**Blanquis**, por escuchar tantas veces mis historias y a pesar de todo seguir ahí apoyándome.

A mis niños: **Edu, Kevin y Pablo** simplemente hacen mi vida más feliz

¡¡¡Siempre juntos!!!

## **Agradecimientos**

Agradezco a CONACYT, por la beca otorgada para los estudios de maestría.

A los proyectos PAPIIT IN800416 y CONACYT (CB2015 254328), a cargo de la Dra. Annick Dannels por las facilidades otorgadas en las visitas a campo y toma de muestras.

Al Proyecto Tres Mezquites, temporadas 2018 y 2019.

Al Posgrado en Ciencias de la Tierra por todas las facilidades en trámites y apoyo para salidas de campo y congresos.

A María Luisa Reyes y Araceli Chamán por su buena disposición en el proceso de trámites para titulación y a lo largo de la Maestría.

A mi tutor el Dr. Sergey Sedov, por sus comentarios y la confianza; pero sobre todo por el tiempo dedicado a las revisiones en este trabajo y en las ponencias presentadas en congresos.

A la Dra. Annick Dannels, encargada del proyecto en La Joya Veracruz, por las facilidades en la toma de muestras en el sitio; por el apoyo en las participaciones del SIACOT, y sobre todo por el tiempo dedicado en la lectura y discusión de este trabajo.

A la Dra. Pi por el análisis de Difracción de Rayos X, y por sus comentarios a este trabajo.

A la Dra. Marta Mateu por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis y por todos los comentarios que hicieron que este trabajo se terminara. Al Dr. Héctor Cábadas por aceptar ser parte del jurado y por los comentarios y sugerencias para esta tesis.

A mis profesores de la maestría Ana Soler, Lorenzo Vázquez, Christina Siebe, Laura Beramendi, Bruno Chávez, por todos los conocimientos transmitidos y por su compromiso por la enseñanza a mi y todo mis compañeros.

A las arqueólogas Veronique Darras y Alejandra Castañeda, quienes forman parte del Proyecto Tres Mezquites, Michoacán, por las atenciones en campo y la facilidad en la recolección de las muestras para este trabajo.

A la Dra. Elizabeth Solleiro por la confianza en mi trabajo, los comentarios en todas las presentaciones del seminario y por aceptarme en su grupo de trabajo.

Al Mtro. Hermenegildo Bárcenas por ayudarme en el análisis de susceptibilidad magnética.

Al Mtro. Jaime Díaz por la ayuda en algunas de las láminas delgadas y en los análisis en el laboratorio de suelos.

Al grupo de paleosuelos Yazmín, Daisy, Fer, Karla, Axel, Rubén, Lilit, Bruno y Ofe, por los comentarios, observaciones y sugerencias en las exposiciones del seminario. A Gigis por ser por ser mi guía en la arqueología, tantas historias tan padres que recuerdo contigo.

A mi profe y amigo Serafín, por las pláticas, comentarios y sugerencias, pero más que nada porque sigue poniendo toda su confianza en mí y echándome porras para seguir.

A mi super amix Pamela, por los momentos compartidos, por las risas, enojos y regaños. Nimodo me sigues aguantando, aunque no quieras. Te quiero millll

A la UNAM, porque de no ser por el gran apoyo que brindan a los estudiantes no hubiera conseguido llegar hasta aquí.

Y finalmente, a ti sol de mis noches. Porque me enseñaste quién quiero ser en esta vida. Por sentirte orgulloso de mi y siempre creer en lo que hago. Sin importar las circunstancias que existan entre tú y yo, te amo Renan.

## Listado de figuras y tablas

### Capítulo 2

Figura 1. Sitios con arquitectura de tierra en México y Centroamérica. (Daneels; 2015)

Figura 2. Sitios arqueológicos con arquitectura de tierra de acuerdo a temporalidad y sistema constructivo identificado. La Joya y Tres Mezquites ubicados según la tabla de Ávalos como rellenos estructurados. Las abreviaturas encerradas hacen referencia a La Joya (LJ) y Kaminaljuyú (K) (Ávalos;2019)

### Capítulo 3

Figura 3. Extensión geográfica de Mesoamérica (Tomado de Vela y Solanes, Arqueología Mexicana, Especial 5, Atlas del México prehispánico)

Figura 4. Mapa de ubicación del sitio arqueológico de La Joya (Google Earth; 2018) Reconstrucción en planta del sitio arqueológico (Fuente: Daneels; 202: 444)

Figura 5. Mapa edológico tomado de INEGI donde se muestra el tipo de suelo existente en el sitio arqueológico de La Joya.

Figura 6. Mapa de rocas predominantes en ambos sitios arqueológicos. Tomado de INEGI, 2019

Figura 7. Fragmentos de figurillas de la tradición de las Remojadas, pintadas con chapopote (izquierda); Ladrillera en uso. Al fondo se observa la pirámide principal del complejo arqueológico La Joya, Veracruz (derecha)

Figura 8. Mapa de ubicación del sitio arqueológico de Tres Mezquites (Google Earth; 2019)

Figura 9. Vista del montículo Tres cerritos en la localidad de Tres Mezquites, Michoacán

Figura 10. Material identificado en las excavaciones del proyecto en el año 2017 (Fotografía Arqloga. Alejandra Castañeda)

Figura 11. Excavaciones de un posible asentamiento del periodo Epiclásico en el año 2018 (Fotografía Thania García)

### Capítulo 4

Figura 12. Ubicación de los perfiles en el sitio de La Joya 19°04' N y 96°09' W (UTM 14Q 799850E 2110850N); los meridianos 96° 59' y 97° 07' (Google Earth; 2019)

Figura 13, Croquis del sitio arqueológico, donde se pueden apreciar las diferentes estructuras del complejo arquitectónico del sitio (Daneels; 2002)

Figura 14. Vista de ladrillera que esta en funcionamiento del sitio La Joya. (Fotografía tomada por Thania García)

Figura 15. Vista del lugar donde se excavo el perfil La Joya 1 (Fotografía tomada por Thania García)

Figura 16. Vista de la plataforma norte, se puede observar como el señor esta destruyendo el edificio para sacar material y hacer lo ladrillos (Fotografía tomada por Thania García)

Figura 17. Ubicación de los perfiles de Tres Mezquites, Michoacán (Google Earth; 2019)

Figura 18. Vista panoramica del sitio Tres Mezquites, del lado derecho se observa el montículo de Tres cerritos (Fotografía tomada por Thania García)

Figura 19. Vista de los campos de cultivo cercanos al montpiculo principal (Foto tomada por Thania García)

Figura 20. Descripción del perfil Plataforma Epiclásica (Foto tomada por Thania García)

Figura 21. Ubicación de las muestras de la unidad UT22 (Tomado de Darras, 2016, modificado por García)

Figura 22. Dibujo del perfil oeste de la unidad UT22 (Alejandra Castañeda; 2016)

Figura 23. Probetas con las muestras de suelo en la técnica de textura

Figura 24. Partes de un microscopio petrográfico

## **Capitulo 5**

Figura 25. Descripción en campo del perfil La Joya 1 (Fotografía por Thania García)

Figura 26. Porcentajes de arena, limo y arcilla en el perfil La Joya 1.

Figura 27. Resultados de susceptibilidad magnética perfil La Joya 1.

Figura 28. Difractograma del perfil La Joya 1 en roca total.

Figura 29. (A) Revestimientos de arcilla fragmentados, plagioclasas y cuarzos, Luz polarizada (Horizonte A);; (B) Diferentes revestimientos de arcilla en luz polarizada (Horizonte Bt); (C) Rasgos de oxidación característicos de ambientes de saturación de agua ( luz polarizada) (Horizonte Bt); (D) Revestimiento de arcilla fragmento inmerso en la matriz , del suelo (sin orientación natural) vista con luz polarizada (Horizonte Bw); (E) Estructura sub-angular de los agregados del suelo en luz polarizada (Horizonte BC) (Microfotografías, Thania García)

Figura 30. Gráfica donde se muestran los porcentajes de rasgos pedologicos del perfil la Joya 1.

Figura 31. Detalle de las laminaciones de sedimentos en perfil La Joya 2

Figura 32. Descripción en campo del perfil La Joya 2 (Fotografía tomada por Thania García)

Figura 33. Granulometría del perfil La Joya 2

Figura 34. Resultados de la susceptibilidad magnética perfil LJ2.

Figura 35. (A) Óxido de Fe en el horizonte A (izquierda) Luz polarizada; (B) Vidrio volcánico en horizonte relleno III (derecha) Luz polarizada; (C) Minerales como cuarzos y plagioclasas en el relleno III, así como arcilla entre los poros; (D) Oxidación en el horizonte A, además de arcilla entre los poros (Fotomicrografías tomadas por Thania García)

Figura 36. Grafica de porcentajes de procesos pedológicos en Perfil LJ2

Figura 37. Descripción en campo del perfil La Joya 3

Figura 38. Granulometría del perfil La Joya 3

Figura 39. (A) Cutanes de iluviación en el horizonte A con luz polarizada; (B) Posible agrocutan inmerso dentro de la matriz del suelo, visto con luz polarizada en horizonte A (C) arcilla y cuarzos relleno IV NX.

Figura 40. Gráfica de porcentajes de rasgos pedogenéticos perfil LJ3

Figura 41. Etapa I de la Plataforma Norte del sitio

Figura 42. Perfil la Joya 4, de donde se extrajeron los bloques para los análisis micromorfológicos (Tomada por García: 2018)

Figura 43. Descripción en campo del perfil La Joya 4.

Figura 44. Granulometría del perfil La Joya 4

Figura 45. Resultados susceptibilidad magnética perfil LJ4

Figura 46. Difractograma de los resultados de la roca total del perfil La Joya 4

Figura 47. Difractograma muestra glicolada y orientada del relleno III del perfil La Joya 4

Figura 46. (A y B) Huellas de deformación (Horizonte AB) ( (C) Fragmento de vidrio volcánico fresco (luz polarizada) (relleno II); (D) Fragmento de cerámica con componentes volcánicos y cambio de color por la cocción a la que fue sometida (luz polarizada) (relleno I); (E) Fragmento de hueso y carbón (luz polarizada) (AB); (F) Partículas de arcilla alineada con birrefringencia en los poros (nicoses cruzados NX) (relleno I). (Thania García)

Figura 47. En este perfil, en la parte superior del relleno III, se observaron varios cutanes de arcilla de iluviación y agregados de suelo con estructura angular.

Figura 48. Gráfica de porcentajes de edaforrasgos del perfil LJ4.

Figura 49. Granulometría de los rellenos de la Plataforma Norte.

Figura 50 (A) Microfotografía de la muestra 8bis en la que se observa presencia de óxidos de Mg. (B) Matriz compacta con óxidos de Fe de la muestra 7. (C) Cuarzos y plagioclasas presentes en la muestra 15. Todas las imágenes vistas con luz polarizada (Thania García)

Figura 51. Descripción en campo del perfil Plataforma Epiclásica del sitio Tres Mezquites. No se encontró material arqueológico como cerámica o lítica.

Figura 52. Porcentajes de arenas, limos y arcillas del perfil Plataforma Epiclásica

Figura 53. Difractograma de la muestra proveniente del relleno III del perfil Plataforma Epiclásica, orientada y glicolada.

Figura 54. (A) características vérticas y arcilla entre los agregados (Aumento 10x) (Relleno IV); (B) Estructura subangular (10x) (tierra negra) Luz polarizada. (Tomadas por Thania García)

Figura 55. Gráfica de porcentajes de rasgos pedogenéticos en perfil Plataforma Epiclásica.

Figura 56. Descripción del perfil Plataforma Epiclásica 2 hecha en campo

Figura 57. Granulometría del perfil Plataforma Epiclásica 2

Figura 58. (A) Cutan de arcilla (luz polarizada, 10x aumento) (Horizonte 2Ai); (B) Estructura en bloques subangulares y algunos redondeados que simulan estructura biogénica (Luz polarizada, 10x aumento) (horizonte Ai2 ). (C) Arcilla y cuarzos (NX, 10x) (Horizonte 2Ai). (D) Carbonatos de calcio neoformados (NX, 10X) (Horizonte Ai) (Microfotografías tomadas por Thania García)

Figura 59. Gráfica de porcentajes de rasgos pedogenéticos perfil Plataforma 2.

Figura 60. Granulometría de las muestras del perfil oeste de Tres Mezquites

Figura 61. Granulometría del perfil Este en Tres Mezquites

Figura 62. Difractograma donde se muestra la similitud en la composición de muestras orientadas de ambos sitios

Figura 63. Difractogramas donde se muestra la similitud en composición de muestras glicoladas y en T1 de ambos sitios.

## **Capítulo 6**

Figura 64. (A) Perfil del aljibe este (muestra 5); (B) Agregados con características gleycas (luz polarizada) observadas en el perfil La Joya 4 (relleno III) (C y D) Presencia de óxidos de hierro y material (relleno III).

Figura 65. De lado izquierdo, el perfil La Joya 1; en medio esta el perfil LJ4, en el cual se nota la "estratigrafía inversa", por lo que presumimos se trata del posible yacimiento. En el lado derecho se muestra un perfil compuesto con los dos perfiles y en la parte superior lo que suponemos es la tierra del aljibe, la cual se cree se utilizó una vez que el yacimiento se acabo o simplemente ya no quisieron utilizarlo.

Figura 66. En la imagen se observa el perfil de la UT22, y se observa el horizonte 14 que tiene un gran porcentaje de arcilla, inmerso dentro de la tierra negra que correlacionamos con el paleosuelo descrito en el perfil Plataforma Epiclásica 2.

Figura 67. Mapa actual de la distribución de los vertisoles en México.

Figura 68. Sitios en los que se han identificado rasgos vérticos en los paleosuelos y que sugiere la extensión de estos durante el periodo formativo y el Clásico en Mesoamérica.

### **Listado de tablas**

Tabla 1. Listado de muestras provenientes de la plataforma norte en La Joya

Tabla 2. Listado de muestras provenientes de la excavación UT 22, al pie del montículo Tres cerritos



# INTRODUCCIÓN

La arquitectura de tierra, es considerada como el conjunto de edificios construidos con tierra sin cocer y es una mezcla de arcilla, arena y limo y, en algunas ocasiones grava gruesas y finas (Bardou; 1981).

Un tema de vital importancia es el estudio del material con el que estaban hechos los basamentos de tierra, es decir el suelo y el cual funge como “memoria edáfica”, puesto que en el quedarán registrados los cambios ambientales y las diferentes actividades antrópicas realizadas cuando fue estuvo expuesto a la superficie.

En esta investigación se centró en el estudio de los rellenos constructivos, puesto que, en algunos casos, no hay una modificación del suelo, sino que se extrae, transporta y acumula tal cual en los rellenos a diferencia de las mezclas hechas para hacer adobes, repellos y bajareques. Así se piensa que los suelos que se utilizaron para la construcción de los basamentos fueron los mismos que en el momento de la construcción estaban en superficie.

En casos de arquitectura de tierra a nivel mundial, tal estudio se ha enfocado a montículos funerarios como son los *kurgans* en Turquía o los *tells* de medio oriente, en donde principalmente se han estudiado los procesos pedogenéticos (Alexandrovskiy; 2014; Khokhlova; 2001)

En el caso de Mesoamérica, las estructuras piramidales eran hechas primero de suelos naturales y posteriormente se recubrían de mezclas de tierra procesadas, en la mayoría de los casos. Los estudios se han principalmente enfocado a estudios tecnológicos de manufactura de adobes y bajareques, aunque hay estudios que analizan los rellenos y los paleosuelos (Daneels y Guerrero; 2001 Dannels y Díaz; 2018)

Por tal motivo, es que en esta investigación se enfocó en analizar los rellenos de las estructuras de tierra de dos sitios arqueológicos: La Joya en Veracruz y Tres Mezquites en Michoacán, ya que el material nos brindaría información de suelo con

poco trabajo como en el caso de los adobes. Con ayuda de análisis micromorfológicos se observarán los rasgos pedogenéticos de los suelos “naturales” y de los rellenos y que permitirán entender la relación entre el hombre y el ambiente y la importancia que tuvo con las sociedades que vivieron en ambos sitios.

Los dos sitios arqueológicos tuvieron su mayor auge en el periodo Clásico mesoamericano y se caracterizan por tener grandes edificios de arquitectura de tierra cruda, lo cual es relevante ya que la mayoría de zonas arqueológicas con arquitectura de este tipo se localizan en zonas áridas y no en zonas tropicales como Veracruz. Este tipo de arquitectura representa un auténtico reto para la disciplina de la conservación, ya que la pérdida de la integridad de las estructuras afecta velozmente a los edificios (Daneels; 2012b).

Además, como se analizarán muestras de dos sitios de ambientes muy distintos, se podrá tener idea de lugares con climas diferentes.

Primeramente, se presenta el planteamiento del problema, justificación, así como los diferentes objetivos de esta investigación.

En el primer capítulo se expone el marco teórico, es decir qué son los suelos, y la injerencia que han tenido los estudios pedológicos en la arqueología.

En el capítulo 2 se hace una breve revisión de los antecedentes de la arquitectura de tierra en Mesoamérica, así como los sitios más representativos y los estudios que se han hecho a los dos sitios de nuestro interés: La Joya, Veracruz y Tres Mezquites.

En el tercer capítulo, se describe la ubicación de los sitios de estudio, sus diferentes características fisiológicas: clima, vegetación, fauna, hidrología y tipos de suelos actual.

En el capítulo 4, se expone la descripción de los perfiles de los que se obtuvieron las muestras recolectadas, así como la metodología utilizada en el laboratorio para los análisis físicos y micro morfológicos.

En el siguiente capítulo se describen los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio y, por último, en capítulos finales se discuten los resultados en función de los objetivos de la investigación y se presentan las consideraciones finales pertinentes para este trabajo.

## **Planteamiento del problema**

Ya que el material principal con la que estaban contruidos los basamentos y plataformas de ambos sitios es el suelo, la pregunta principal de esta investigación es: ¿qué materiales edáficos preferían los antiguos pobladores para la construcción de los templos y casas? ¿eran de los suelos superficiales u horizontes más profundos.

La segunda problemática es: si la cubierta edáfica es un factor cambiante a lo largo del tiempo, entonces en las construcciones de tierra se podrá identificar los relictos de los diferentes tipos de suelo de esa zona geográfica, es decir la memoria edáfica de los paleosuelos utilizados nos permitirá un conocimiento de los diferentes procesos que se llevaron a cabo en las zonas, por ejemplo, si llovía más o si el clima era más árido.

## **Justificación**

La arquitectura de tierra en época prehispánica fue utilizada por muchos pueblos indígenas, tanto en Mesoamérica como en sitios de Suramérica como Joya de Cerén en El Salvador o Mateo Salado en Perú. Sin embargo, los estudios arqueológicos sobre este material, las técnicas de manufactura empleadas en su elaboración, el tipo de suelo utilizado y su procedencia no han sido estudiados desde el punto de vista de la Geoarqueología y la Edafología, al menos en el área de Mesoamérica, solamente en aspectos tecnológicos como las técnicas de manufactura utilizadas para la hechura de adobes y bajareques, qué materiales se le agregaban para mayor estabilidad, las huellas que dejan las herramientas e incluso el tiempo que se tarda el secado de los bloques: cadena operativa.

Para el caso específico de Mesoamérica, son pocos los proyectos de investigación enfocados a los aspectos paleopedológicos de este tipo de

arquitectura, ya que a pesar de existir sitios de tierra como San Lorenzo (Cyphers; 1997), San José Mogote (Marcus; 2001) y la Venta (Drucker; 1952), los estudios se enfocan más a aspectos tecnológicos y constructivos o las descripciones de las excavaciones mientras los análisis de los sedimentos tienen limitaciones, pues no son del todo arqueológicos, pero tampoco edafológicos, por lo tanto es importante seguir estudiando esta tecnología de tierra, razón por la cual esta investigación trata de conjuntar ambas disciplinas para entender mejor este tipo de arquitectura.

Por este motivo, esta investigación pretende dar un panorama más amplio de cómo se utilizó el suelo para construir los antiguos edificios y el conocimiento del medio de las sociedades prehispánicas para seleccionar los materiales adecuados que permitieran estabilidad en las construcciones en ese momento y hasta nuestros días.

## **Hipótesis**

Si la arquitectura de tierra antigua es portadora de un registro paleo-pedológico complejo, y contiene indicadores de actividad humana y condiciones ambientales del periodo de construcción, entonces podremos identificar y caracterizar las huellas de los procesos pedo-genéticos que se formaron durante el desarrollo de los suelos naturales a través de los rellenos constructivos de cada una de las estructuras.

Si los suelos en los rellenos constructivos funcionan como memoria edáfica, se podrá observar el tipo o los tipos de suelo que se utilizaron en la construcción de los basamentos. Asimismo al comparar rellenos con suelos previos a la construcción y posteriores al abandono del sitio se podrá evaluar si hubo cambios ambientales.

## **Objetivo general**

De acuerdo a los análisis en perfiles estratigráficos de suelos y paleosuelos de los sitios de La Joya, Veracruz y Tres Mezquites, Michoacán se pretende conocer los diferentes procesos pedogenéticos que se suscitaron en los sitios arqueológicos, identificando los posibles tipos de paleosuelos existentes antes, durante y posiblemente después de la ocupación en época prehispánica.

## **Objetivos particulares**

- Caracterizar los suelos naturales utilizados para la construcción de basamentos de tierra.
- Detectar el origen de los rellenos de las estructuras arquitectónicas.
- Identificar los procesos pedogenéticos y su evolución del suelo utilizado para las estructuras.
- Identificar el posible tipo de paleosuelo utilizado.

# **CAPÍTULO 1**

## **Marco teórico**

### **1.1 Geoarqueología**

En los últimos años, la Geoarqueología ha tomado un papel importante en las investigaciones arqueológicas puesto que a través de la utilización de métodos y técnicas de las Ciencias de la Tierra como la Difracción de Rayos X, Fluorescencia de Rayos X, dataciones por carbono 14, Petrografía y Micromorfología. se han obtenido datos que han enriquecido a la Arqueología en muchos países.

En la revisión que hace Dunning acompañado de otros investigadores (2015), menciona cinco temas “centrales” de trabajos realizados desde el año 2002 en donde los tópicos son: (1) la correlación del cambio ambiental y la historia cultural; (2) impactos ambientales antropogénicos; (3) cubierta de tierra antigua, uso de la tierra y dieta; (4) prospección arqueológica; y (5) estudios de procedencia. Estos temas a menudo se entrelazan en la aplicación de enfoques de sistemas complejos que permiten a los científicos modelar con mayor precisión las complejidades de las antiguas interacciones entre humanos y medio ambiente.

En la geoarqueología a diferencia de la micromorfología de suelos clásica es que los constituyentes arqueológicos son producidos y modificados por la acción humana (Nicossia; 2017:2). Esro se logra gracias a que los yacimientos arqueológicos conservan en sus sedimentos gran parte de la información de sociedades antiguas. Por ejemplo, el uso de la micromorfología en suelos ha permitido obtener información paleambiental del sitio. En sitios de Europa como Rumania o Noruega se identifican áreas de actividad como vías y caminos, prácticas de ganadería, vertederos de residuos humanos o basura, así como actividades domésticas y de gestión de agua (MacPhail; 2016). En México hay trabajos de procedencia de materiales cerámicos virreinales (Fournier; 2017) o materiales prehispánicos (Stein; 2001; Sean; 2013) estudios sobre paleoambientes (Sánchez; 2015; Solís et. al 2012; Piperno; 1988; Sedov et. al 2003) e incluso actividades agrícolas (Gebhardt;1992; McClung et. al.; 2003).

Es importante mencionar que las evidencias al estar contenidas dentro de estos yacimientos antrópizados pudieron sufrir modificaciones físicas, químicas y mineralógicas a lo largo del tiempo. Estas modificaciones pueden aportar información en la interpretación de los hallazgos; por ejemplo, si se trataba de un lecho de río, si los sedimentos fueron colocados intencionalmente, o si un suelo sufrió un proceso natural de erosión o de intemperismo o bien fue sobreexplotado. Para dar respuesta a estas interrogantes y, además, para proponer soluciones ayudándose de las técnicas de las ciencias de la tierra, se creó el término de Geoarqueología.

A pesar de que el término Geoarqueología se utilizó desde el siglo XIX, fue definido como tal hasta la década de los setenta, cuando en 1976 Colin Renfrew lo retomó en Arqueología como sigue:

*“This new discipline of geoarcheology is primarily concerned with the context in which archeological remains are found. And since archaeology, or at least prehistoric archaeology, recovers almost all its basic data by excavation, every archaeological problem starts as a problem in geoarcheology”* (Renfrew, 1976:2).

Es importante saber que la Geoarqueología nos ayuda a identificar y caracterizar los procesos de formación de elementos naturales y antrópicos de contextos arqueológicos, ya que, como menciona Schiffer (1987) los depósitos se deben estudiar desde el momento de su deposición hasta el momento en que están siendo excavados (contexto sistémico y contexto secundario).

En la Teoría Arqueológica, el estudio de los factores ambientales y los factores socio-culturales son elementos complementarios. Una corriente teórica que sirve para sustentar la relación de esos dos factores es la perspectiva de la Ecología Cultural.

Esta corriente fue desarrollada por Julian Steward en su obra *Teory of culture change, the Methodology of Multilinear Evolution* publicada en 1955. Explica cómo se adaptan las sociedades a su medio ambiente y cuáles son los procesos

adaptativos a través de los cuales modifican y se apropian de su entorno por lo que hace hincapié en la relación hombre y medio (Steward 1955, 21),

*“Cultural Ecology differs from human and social ecology in seeking to explain the origin of particular cultural features and patterns which characterize different areas rather than to derive general principles applicable to any cultural -enviromental situation” (Steward, 1955:36)*

El medio ofrece muchas posibilidades que los individuos aprovechan de acuerdo con sus necesidades sociales y capacidades tecnológicas. Este es el principal motivo por el cual Steward (1955) propone que el proceso de adaptación de una sociedad a su medio, es un proceso creativo en el que el núcleo cultural tiene posibilidades de transformarse a lo largo del tiempo. Existen en la naturaleza muchos elementos que las sociedades prehispánicas supieron aprovechar, conocer y trabajar muy bien.

La producción de utensilios como la cerámica y objetos “rituales” como basamentos de tierra son un ejemplo del proceso creativo, pues se trata de bienes generados y producidos para el núcleo cultural, por lo tanto, está vinculado con los aspectos sociales e históricos de los grupos. La presencia de vestigios de arquitectura de tierra o incluso su ausencia puede aportar elementos para la identificación de grupos sociales (Arnold, 1985). La relación de los humanos con la tierra, requirió mucha observación para entender cómo se comportaba con diferentes elementos como el agua, el fuego o como en el caso de La Joya, con el petróleo. Por lo tanto, nuevamente el conocimiento de los yacimientos necesitaba alto conocimiento de la tierra para saber qué hacer para limpiarla o simplemente guardarla.



## 1.2 Pedología y micromorfología

En esta investigación, ya que los suelos son la fuente de materia prima en la arquitectura de tierra es importante mencionar brevemente que son los suelos y algunos aspectos relevantes de este término.

El estudio de los suelos, la pedología, se desarrolló en Rusia con científicos como Mijail Lomonosov, quien fue considerado como “el padre de la geografía”. Sin embargo, fue Vasily Dokuchaev, también de formación en la Geografía, el pionero en la clasificación de los suelos, pues se encargó de la descripción de los cinco factores formadores del suelo (material parental, tiempo, relieve, organismos y clima) que hasta nuestros días se ha utilizado y razón por la cual se le conoce aún como el padre de la “ciencia del suelo” (Dokuchaev, 1967)

El suelo, entonces, es una combinación de materia mineral y orgánica, agua y aire y aunque las proporciones de estas cuatro pueden variar, siempre están presentes (Tarbuck: 2005:187). Para su formación influyen cinco factores que se describen brevemente (Dokuchaev, 1967; Jenny, 1941).

Según Bronger y Catt (1998), otra disciplina encargada de los suelos es la Pedología, la cual también tiene sus bases en la ciencia del suelo y que se apoya en diferentes ciencias como la geología y la química. Ellos también proponen el término de Paleopedología, en el cual, el término de “paleosuelo” es su principal objetivo de estudio y que describen como: los suelos formados en un paisaje pasado, con condiciones climáticas y vegetación diferentes a las actuales (Ruhe, 1956; Catt, 1991), el límite natural de las secuencias estratigráficas complejas en la geología (Retallack; 1990) o como relictos de los ecosistemas antiguos en la paleoecología.

Este término de paleosuelo, es de suma importancia para la interpretación del clima en el pasado, pues se puede hacer una correlación de los depósitos y edades de los diferentes sedimentos, a partir de los cuales se formó. Dicha correlación se ha estudiado y ha ayudado mucho en la investigación de sociedades

prehispánicas en Mesoamérica (Sedov et al. 2001, 2003; McClung et. al; 2003; Cruz y Cruz et. al 2019; Ibarra et. al; 2019)

### **1.3 Memoria edáfica**

Como se mencionó anteriormente, el suelo necesita de cinco factores formadores, ya sea que influyan al mismo tiempo o en mayor o menor medida. Ellos van a determinar la intensidad y duración de los diferentes procesos pedogenéticos, lo que va a permitir que, durante la evolución de dichos procesos, los suelos guarden información sobre los factores ambientales como la temperatura, la precipitación, la vegetación prevaleciente en ese momento en el que se dio la pedogénesis (Targulian; 1996; Bronger; 1998).

Es por razón que los procesos pedogenéticos son los principales mecanismos, dentro de los cuales va a quedar registro del ambiente de formación de los suelos y que a su vez dentro de la Arqueología va a complementar los datos obtenidos en excavación con datos que permitirán dar una visión más global de la vida en el pasado. Sin embargo, no hay que olvidar que son muchos los tipos de suelos generados en climas específicos por lo que hay que tomar en cuenta la velocidad tiempo y duración de dichos procesos pues ellos nos dirán los periodos de estabilidad y el desequilibrio en los cambios climáticos (Targulian; 1996). Además, al ocurrir algún fenómeno que ocasione sepultamiento, ocasionará que se plasmen los rasgos, lo que permitirá usar a los paleosuelos como indicadores paleoambientales, a esto se refiere la memoria edáfica.

## **CAPÍTULO 2**

### **Antecedentes**

#### **2.1 Arquitectura de tierra**

A nivel mundial son varios los ejemplos de este tipo de arquitectura como son los *tells* en Medio Oriente o los *kurgans* en las estepas de Eurasia.

La mayoría de los ejemplos reconocidos de arquitectura de tierra cruda en Mesoamérica, es el trópico húmedo y es también en esta región donde se identificó la evidencia más antigua de este tipo de tecnología y de que la arquitectura de piedra existió a la par (Daneels; 2015).

En este trabajo, como ya se menciona se presenta un análisis de la materia prima con la que estaban contruidos los basamentos de tierra de los sitios arqueológicos La Joya, Veracruz y Tres Mezquites Michoacán. No obstante, es pertinente mencionar la diferencia entre la materia prima (suelo) usado en los rellenos, y el material procesado (adobes). En este caso nos ocuparemos del primer término: el suelo y la información edafológica y paleoambiental que nos brinda mientras que el material procesado (adobe), sería de competencia de análisis tecnológicos y más especializados en la identificación de huellas de manufactura.

Es por este motivo, que mencionaré solo los sistemas constructivos posiblemente utilizados en ambos sitios arqueológicos.

#### **2.2 Sistemas constructivos de tierra**

Existen diversos sistemas constructivos en la arquitectura de tierra de Mesoamérica. Además de la información paleoambiental, aportan información valiosa de la organización social de las diferentes sociedades prehispánicas. A pesar de que en algunos casos parecen extremadamente sencillos, hay que tomar en cuenta el trabajo necesario: la mano de obra que demanda gran cantidad de tiempo y que afectaría en la vida cotidiana de las poblaciones y por supuesto una especialización en los conocimientos de los trabajadores para conocer el manejo de la materia prima y posteriormente el material.

Ávalos (2019) distingue dos formas de usar la tierra como material de construcción.

### **Tierra Pura (sin procesar)**

El término de tierra pura (Ávalos; 2019), es aquella que se utiliza después de seleccionarla y extraerla directamente del yacimiento; esto incluye los rellenos constructivos. Sin embargo, el proceso de selección implica la existencia de una especialización, puesto que hay que tener un reconocimiento específico de los tipos de suelos circundantes al sitio y saber sus características para saber en qué parte estructural utilizarlos.

### **Tierra mezclada**

(Ávalos 2019: 52-53): "La tierra mezclada puede o no estar constituida por combinaciones de tierra (arenas, limos y arcillas) (...) Otro compuesto común de la tierra mezclada son los aditivos. Estos son agregados que dan a la mezcla resistencia al agrietamiento al secarse; los más comunes son pasto seco (paja), las arenas y gravas (gravilla). (...) Los aglutinantes son agregados con la finalidad de dar plasticidad y/o cohesión a la mezcla; en la mayoría de los casos sirve para retrasar el secado (para evitar las grietas) y también para aumentar la resistencia de los acabados que protegen la estructura del edificio.

A continuación, se describen solo algunos de los sistemas constructivos de rellenos utilizados en construcciones de tierra en Mesoamérica, siguiendo a la clasificación propuesta por Ávalos (2019).

#### **2.2.1 Relleno simple**

Es una técnica que usa tierra pura, estraida directamente de un mismo banco de material, y que "Consiste en apilar tierra suelta para conformar el volumen, y en la mayoría de los casos compactarla ya sea con los pies, como una parte específica en el proceso de construcción o por el tránsito durante la obra, ya sea con algún instrumento o herramienta como el pisón" (Ávalos 2019: 67)

### **2.2.2. Relleno estructurado**

"Es el que utiliza distintos tipos de tierra que, sin mezclarlas, se apilan según las características hidráulicas y estructurales deseadas, con la finalidad de controlar la presión interna del edificio" (Ávalos 2019: 69).

En el caso de los dos sitios analizados en esta tesis, la técnica constructiva de los rellenos de la Joya, Veracruz, correspondería a rellenos estructurados. Cabe mencionar que, en este último sitio, los análisis hechos a los perfiles muestreados, no correspondían a adobes, como se verá más adelante y quizá tenga que ver más con el intercambio entre un lugar y otro o incluso una especialización diferente de acuerdo a cada región.

Una vez mencionados los diferentes tipos de rellenos, hay que tomar en cuenta que no solo la materia prima y/o el material constructivo determina la estabilidad de los basamentos, puesto que el clima y los diferentes factores juegan un papel importante. Por ejemplo, la precipitación media anual, puede dar pie a ciertos procesos pedogenéticos en el suelo, los cuales se reflejarán en la estabilidad de los edificios y plataformas.

### **2.2.3 Adobes**

"Pueden estar constituidos por distintas fracciones de arenas, limos y arcillas, a veces con aditivos y/o aglutinantes, que se mezclan y cuando aún están en estado plástico se modelan a mano en distintas formas (las más comunes son cónicas y planoconvexas) o se hacen dentro de moldes" (Ávallos 2019: 56).

A pesar de ser considerado como un material utilizado desde época prehispánica y que hasta nuestros días ha formado parte de una tradición constructiva de Norteamérica hasta Sudamérica (Gamma, Cruz, et al; 2012) su definición ha sido muy ambigua, sobre todo a nivel arqueológico

Según Gendrop (2001), el adobe ha sido definido como:

1. "tierra a la que se desposee minuciosamente de todo tipo de impurezas"
2. "masa de barro" moldeada en forma de ladrillo y secada al sol"

3. “ladrillo formado por una masa de tierra arcillosa, agua y algún aditivo, secada al sol y al aire”

Para arqueología y el estudio de la arquitectura de tierra los términos de Gendrop son utilizados y entendidos de la misma manera. Sin embargo, para el caso de las Ciencias de la Tierra o Ciencias del Suelo, es importante hacer la distinción entre cada término (masa, barro, tierra), puesto que cada una reevela datos reelevantes sobre su manufactura y procesos de selección específicos para su elaboración.

Esta es una de las razones por las que el término adobe ha significado varios problemas para el estudio arqueológico tanto de indole tecnológico como de tipo de suelo utilizado y procedencia de la materia prima.

Ericksen y Ardón (2003) incitan a que una buena unificación de terminos nos permitiría saber: a) composición cuantitativa de la pasta; b) tipo de materia orgánica adicionada; c) tipos de suelos o sedimentos utilizados para su elaboración; d) técnica constructiva; y d) tecnología específica de elaboración en la época prehispánica. Con relación a este último inciso, se cuenta con algunas descripciones básicas en los registros del siglo XVI (Sahagún, 1956).

Dicha distinción permitiría entender más el uso que se le está dando a los adobes manufacturados.

### **2.3 Tradiciones constructivos de tierra en América**

Tal como menciona la arqueóloga Daneels (2015), es diferente el estudio de la arquitectura de tierra monumental que la de “uso doméstico”. Primeramente, por el tamaño, segundo por la función que desempeña, tercero por los conocimientos especializados que requiere. De acuerdo a esto, divide las tradiciones arquitectónicas en América en 5 grupos:

- Al norte la Misisipiana
- Pueblo, suroeste de EEUU y noroeste de México.
- La Mesoamericana

- La Andina
- La Amazónica.

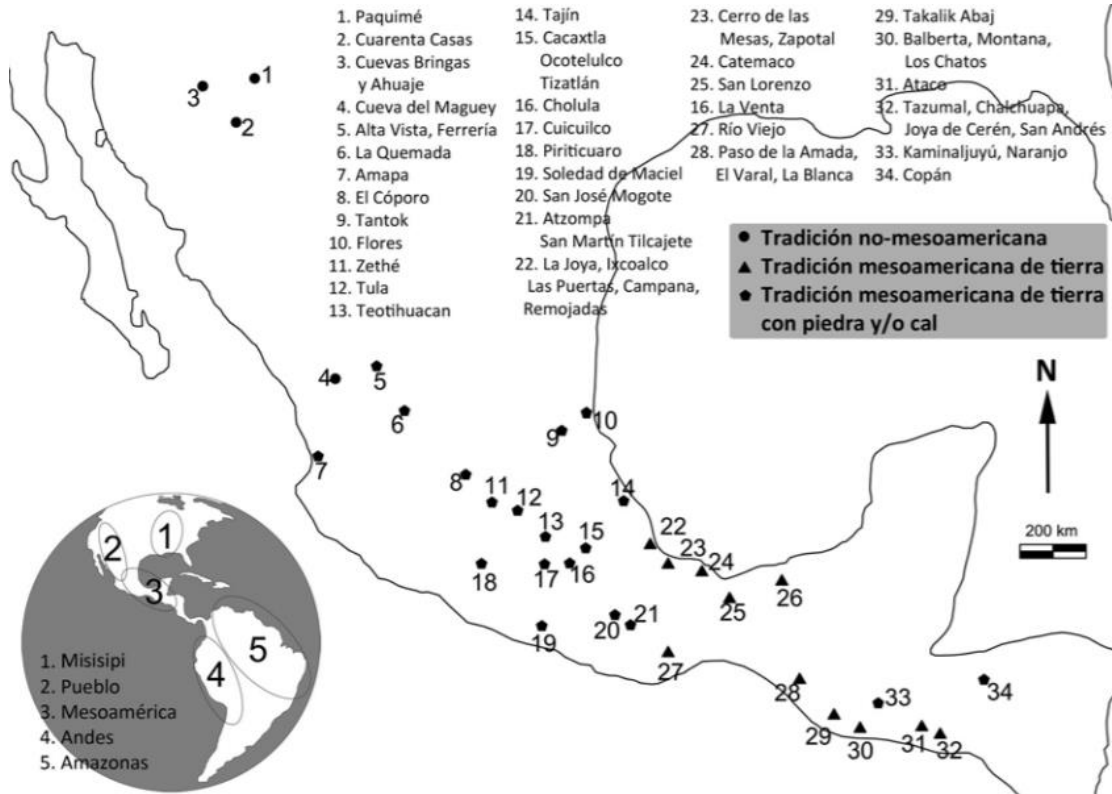


Figura 1. Sitios con arquitectura de tierra en México y Centroamérica. (Daneels; 2015)

Para Mesoamérica, prevalecieron dos tradiciones, la más antigua que es la mesoamericana y de cual forman parte los sitios estudiados en este trabajo y, la no-mesoamericana que se ubica más a suroeste de Estados Unidos (Daneels; 2015).

En el estudio que presenta Esteban Ávalos (2019), es posible observar una diferencia entre los diferentes sistemas constructivos, de acuerdo a los sitios que presentan mayor precipitación. Por ejemplo, en climas más secos los adobes son los que se utilizan más a diferencia de los rellenos estructurados en los que el clima es mucho más húmedo (fig. 2).

		RELLENOS DE TIERRA			CAJONES DE ADOBE	SOLO ADOBES	
		Simple	Estructurado	Cob		Bloque	Muros de contención
Cronología			Por carga	Bloques grandes altemos			
Preclásico Temprano (I)	1700 -1400 a.C.		P.A.	P.A.			
Preclásico Temprano (II)	1400 -1000 a.C.		P.A/ S.L.T.	P.A.	S.J.M. (plano-convexo)		
Preclásico Medio	1000 -400 a.C.	T.A/ E.T/ C.C/ C.P.	LB/ K.	T.A.	S.J.M.	L.V.	S.J.M. (plano-convexo)
Preclásico Tardío	400 -100 a.C.	E.T/ C.P.	K.				
Protoclásico.	100 a.C. -100 d.C.		L.J/ K.				
Clásico Temprano	100 -300 d.C.	L.P.	K/ Teo.		Chol/ Teo.	Teo.	Chol.
Clásico Medio	300 -600 d.C.	K/Tin/ L.P.	K.				
Clásico Tardío	600 -1000 d.C.	L.F/ L.P.		L.J.		Taz/ C.B/ S.A.	

Figura 2. Sitios arqueológicos con arquitectura de tierra de acuerdo a temporalidad y sistema constructivo identificado. La Joya y Tres Mezquites ubicados según la tabla de Ávalos como rellenos estructurados. Las abreviaturas encerradas hacen referencia a La Joya (LJ) y Kaminaljuyú (K) (Ávalos;2019)



## CAPÍTULO 3

### Área de estudio

#### 3.1 Mesoamérica

Los sitios arqueológicos estudiados en esta investigación, La Joya y Tres Mezquites, se localizan en el área conocida como Mesoamérica. Este término es descrito por Kirchhoff (1960) como “una superárea formada por migrantes diferentes entre sí que ingresaron al territorio en diferentes épocas y que, al ingresar a la órbita estudiada, vivieron unidos por una historia común (...) las civilizaciones de la región mesoamericana tenían una diversidad étnica y lingüística, mantuvieron relaciones e intercambios y formaron una unidad cultural”.

Como se observa en el siguiente mapa (fig. 3), sus límites geográficos son: al norte por lo ríos Pánuco, Lerma y Sinaloa; al sur del río Motagua hasta el Golfo de Nicoya, pasando por el lago de Nicaragua (Kirchhoff; 1960).



Figura 3. Extensión geográfica y distribución cultural de Mesoamérica (Tomado de Vela y Solanes, 2000)

Se definieron 3 grupos de rasgos culturales (Kirchhoff; 1960)

1. Elementos típicamente mesoamericanos (exclusivos)
2. Elementos comunes a Mesoamérica o que comparten con otras superáreas.
3. Elementos que no se presentaban en esta área y en otras superáreas sí.

Por lo tanto, sus características principales son: diferenciación entre el campo y ciudad, diferenciación social, guerras frecuentes y el auge de grandes ciudades, aseveraciones que han sido hasta nuestros días muy debatibles.

En esta área, hay sitios que tuvieron ocupación desde el Preclásico hasta la época del contacto con los españoles. Ambos sitios a estudiar en este trabajo, presentan ocupación desde Preclásico; sin embargo, los elementos a estudiar pertenecen al Clásico.

### **3.2 Periodo Clásico mesoamericano en Veracruz y Michoacán**

El periodo Clásico (200 d.C- -900d.C), es en el que se ubican ambos sitios estudiados en este trabajo. Sin embargo, existieron otras ciudades importantes como Teotihuacán en el Estado de México, Monte Albán en Oaxaca, Tikal en Guatemala, y Palenque en Chiapas. Para el año 900d.C., la mayoría de estos sitios fue abandonados, incluyendo los sitios de estudio, sin que hasta el momento se sepan las verdaderas razones, pero existen varias propuestas que mencionan un crecimiento poblacional continuo, un gran cambio en el paisaje y en el ambiente como cambios de clima que no permitieron que las actividades cotidianas, por ejemplo la agricultura fuera buena por lo que la gente tuvo que emigrar. (Manzanilla; 2002).

Durante el Clásico, la organización social tuvo un gran cambio con características iguales en las regiones. La religión se reafirmó como un aspecto imprescindible de la sociedad, llegando a hacer que las actividades de la vida cotidiana pasaran a segundo término. Surgieron nuevas deidades con distintos nombres en diferentes regiones pero que seguían siendo las mismas como Tlaloc y Chaac. En cuanto a la arquitectura, está primordialmente compuesta por estructuras

ceremoniales, simulando planos celestiales. Grandes plazas ceremoniales que sirvieron para las congregaciones masivas de culto como en La Joya donde la pirámide principal era de más de 13 metros de altura y la típica orientación de las estructuras en todos los sitios mesoamericanos, incluyendo Tres Mezquites. (Manzanilla; 2002; Krismar; 2018) (figura 5).

En Tres Mezquites se perfeccionaron las técnicas de trabajo en barro en la cerámica y se implementaron nuevas tradiciones como el engobe y nuevas técnicas decorativas como las grecas.

Fue un periodo en que se fortalecieron los diferentes aspectos sociales, religiosos y políticos. Muchos de ellos terminaron por consolidarse en el periodo Posclásico. Sin embargo, en el caso de Tres Mezquites las poblaciones migraron hacia el norte sin saber hasta el momento hasta donde. En recientes investigaciones y por referencias de la Dra. Veronique Darras, se han identificado sitios con ocupación que posiblemente pudieran ser posclásicas y coloniales; sin embargo, aún falta precisar si esta información es correcta.

### **3.3 Ubicación de sitios**

#### **3.3.1 La Joya**

Uno de los sitios de arquitectura de tierra a la fecha mejor estudiado en el área tropical de México, es La Joya en el estado de Veracruz. Gracias a las investigaciones llevadas a cabo por la arqueóloga Annick Daneels y su equipo, auspiciadas por CONACyT y la Universidad Nacional Autónoma de México. 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 del INEGI. La Joya está fechado 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; 2002).

Tiene una extensión de 50ha 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; 2010:3)

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 4, no son los únicos elementos arquitectónicos, pero sí de los que aún queda evidencia.

La pirámide principal alcanzó una altura de entre 22 y 25 metros en su etapa final, y una base de 50 m de cada lado.

El sitio tiene unos 22 montículos en el área central (Daneels y Guerrero 2011; Daneels y Piña; 2017) con una dimensión de más de 25 hectáreas (Daneels y Guerrero 2011: 3). Es un sitio considerado como centro rector durante el Clásico. Estableció “núcleos subordinados” (Daneels y Guerrero 2012a:36) en función de una explotación comercial del algodón para intercambio a larga distancia (Daneels; 2015).

### **3.3.2 Localización**

El sitio se localiza en las tierras bajas de la planicie costera y rodeado de dos ríos: el Jamapa-Cotaxtla, que tienen su origen en las laderas del Pico de Orizaba.

### **3.3.3 Clima**

Su clima es tropical caluroso y semiárido (Aw) según Köppen modificado por García (1964), con lluvias de temporal en verano y alcanza una temperatura de 25°C y precipitación 1500 msnm al año.

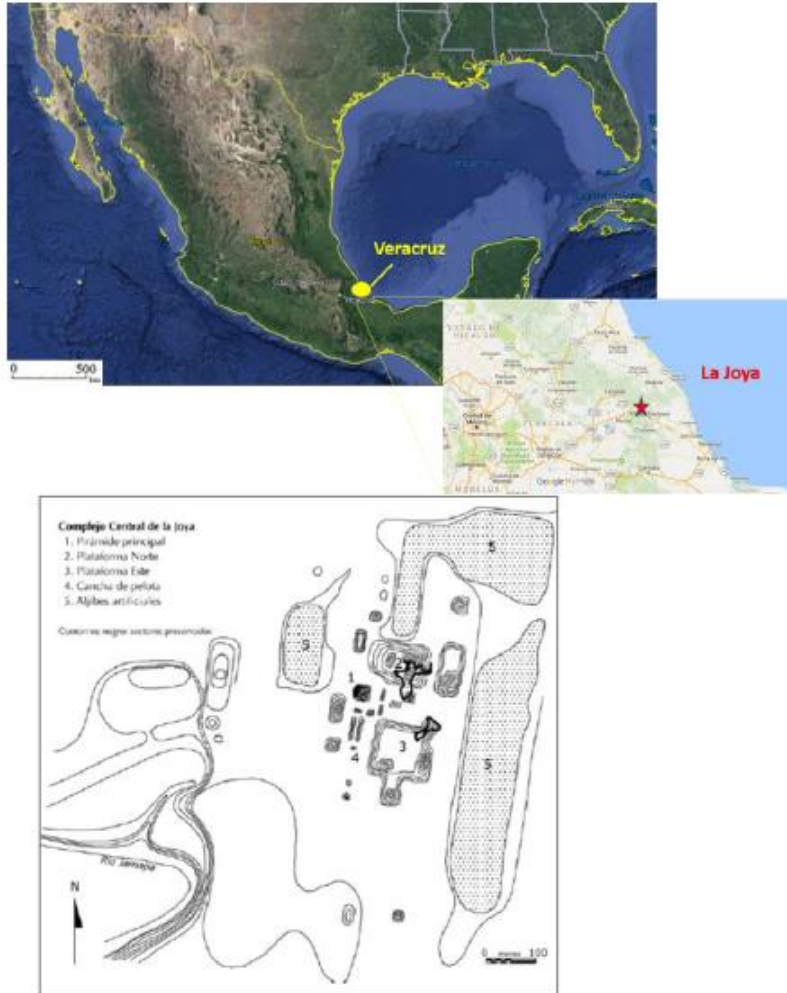


Figura 4. Mapa de ubicación del sitio arqueológico de La Joya (Google Earth; 2018)  
Reconstrucción en planta del sitio arqueológico (Fuente: Daneels; 2002: 444)

### 3.3.4 Flora y fauna

Actualmente, en la región donde se encuentra el sitio, coexisten el bosque tropical alto de galería (en las riberas de los ríos perennes) con selva media subcaducifolia. Su fauna principal son armadillos, ardillas, conejos, tlacuaches, zorrillos, aves y reptiles.

Existen a poca distancia del sitio (35km) yacimientos de petróleo y gas natural, así como explotación moderada de maderas (Arias; 1992)

### 3.3.5 Suelo

Actualmente el suelo que predomina es del tipo Vertisol y se caracteriza por tener una capa superficial rica en materia orgánica, nutrientes, oscura y suave; susceptible a la erosión. Se utiliza un 65% a la agricultura, 25% en vivienda, 5% para oficinas y espacios públicos (Arias; 1992).



Figura 5. Carta edafológica tomado de INEGI, escala 1:250000 donde se muestra el tipo de suelo existente en el sitio arqueológico de La Joya.

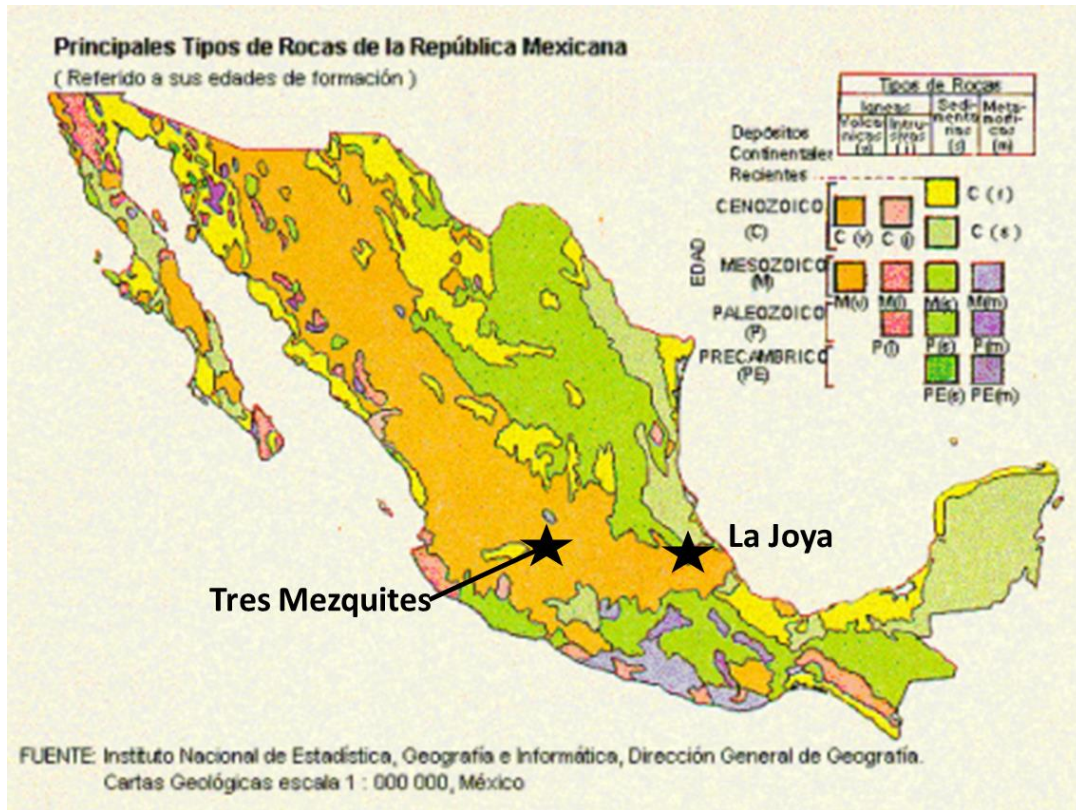


Figura 6. Mapa de rocas predominantes en ambos sitios arqueológicos. Tomado de INEGI, 2019



Figura 7. Fragmentos de figurillas de la tradición de las Remojadas, la del centro pintada con chapopote (izquierda); Ladrillera en uso. Al fondo se observa la pirámide principal del complejo arqueológico La Joya, Veracruz (derecha).

### **3.3.6 Tres Mezquites, Michoacán**

Este sitio forma parte de las investigaciones realizadas en el norte de Michoacán y sur de Guanajuato para conocer la relación de los desarrollos culturales del preclásico y del clásico en el área de Chupícuaro (Valle de Acámbaro) y de la cuenca de Zacapu. Estas investigaciones se llevaron a cabo bajo el marco de los Proyectos Michoacán y Loma Alta, a cargo de la Dra. Véronique Darras.

En cuanto a excavaciones arqueológicas, ha tenido desde el año 2014 varias temporadas; sin embargo, es hasta el 2017, cuando se comenzaron a hacer estudios arqueológicos, específicamente edafológicos de la región. Aún se están haciendo las excavaciones correspondientes, con las cuales se espera crear una referencia en los sitios norteños de Michoacán, para entender su organización social y religiosa.

El proyecto comprende varias regiones circundantes al pueblo de Tres Mezquites. Tres Mezquites este fechado para el Preclásico tardío y Clásico; sin embargo, en las últimas excavaciones, se descubrió una casa que se presume podría tener temporalidad del Epiclásico. El lugar donde se tomaron las muestras, tiene asociado un montículo de aproximadamente ocho metros de altura, denominado como Tres Cerritos, el cual al parecer desplanta sobre una gran plataforma.

### **3.3.7 Localización**

Específicamente para esta investigación, el área que nos compete, está asentada sobre la llanura aluvial del río Lerma.





Figura 8. Mapa de ubicación del sitio arqueológico de Tres Mezquites (Google Earth; 2019)

### 3.3.8 Clima

Actualmente, presenta un clima templado con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 18° a 20° y 799mm de precipitación anual (Darras; 2016).

### 3.3.9 Flora y fauna

En el municipio domina la vegetación de pradera. Su fauna se constituye principalmente por tordo, codorniz, güilota, urraca, conejo, liebre, coyote y tlacuache. La superficie forestal no es maderable y la ocupan principalmente matorrales (Vargas; 1979).

### 3.3.10 Suelo

Los suelos del municipio corresponden principalmente de los tipos Chernozem y Vertisol. Su uso es primordialmente agrícola y en mínima proporción ganadero (FAO; 2007).



Figura 9. Vista del montículo Tres Cerritos en la localidad de Tres Mezquites, Michoacán

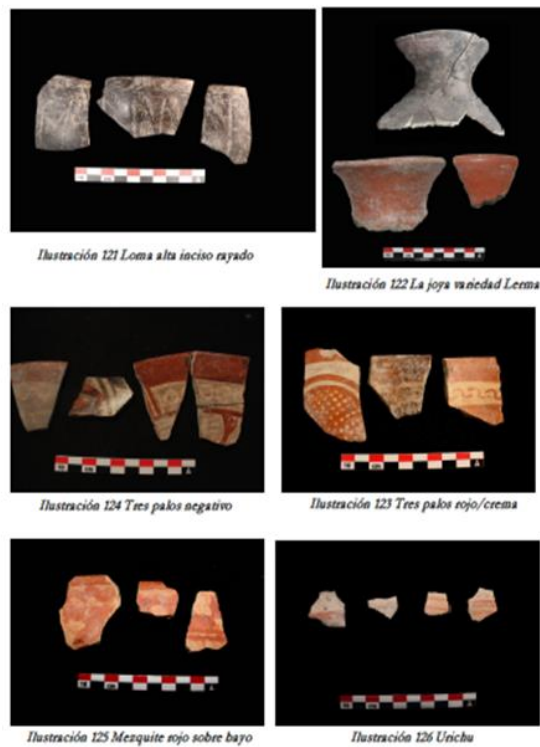


Figura 10. Material identificado en las excavaciones del proyecto en el año 2017 (Fotografía Arqloga. Alejandra Castañeda)



Figura 11. Excavaciones de un posible asentamiento del periodo Epiclásico en el año 2018  
(Fotografía Thania García)

## **CAPÍTULO 4**

### **Desarrollo de la investigación**

#### **4.1 Metodología**

En este capítulo se detalla la metodología que se utilizó durante esta investigación. Primero se describen las actividades llevadas a cabo en campo y posteriormente los análisis que se hicieron en el laboratorio.

#### **4.2 Trabajo de campo**

La localización de los perfiles que se muestrearon, se hizo con un GPS Garmin modelo 12X, y la descripción se hizo apegada al sistema de clasificación de la WRB o FAO (2015), privilegiando aspectos como los procesos pedogenéticos (iluvación de arcillas, estructura), el color y la textura al tacto.

##### **4.2.1 La Joya, Veracruz**

Durante el mes de febrero de 2018, se hizo una visita al sitio arqueológico de La Joya en Veracruz, con el objetivo de conocer el sitio e identificar los perfiles estratigráficos que se trabajarían en este estudio. Dentro del sitio se encuentra en funcionamiento una ladrillera (fig.11), razón por la cual el sitio ha perdido gran parte de las estructuras prehispánicas; sin embargo, y aunque suene contradictorio, es lo que ha permitido obtener más información del mismo.

Se muestrearon cuatro perfiles de cortes de ladrillera, tres ellos ubicados al sur de la pirámide principal del complejo arqueológico y uno al este (fig.10).

El primero de ellos, LJ1 pertenece a lo que nosotros denominados como un paleosuelo natural, pues se identificó un horizonte A, a 1m de la superficie actual (fig.12).

El segundo perfil, LJ2 ubicado a 20 metros aproximadamente del perfil anterior. También se consideró como un suelo natural (fig. 13).

Del tercer perfil, LJ3, solamente se muestrearon dos horizontes, ya que esos horizontes correspondían a la secuencia del perfil LJ2 y tenían más espesor.

Finalmente, el perfil 4, LJ4 se ubicó al interior de la Plataforma Norte del sitio arqueológico. Al parecer se trataba de la primera etapa constructiva de dicha plataforma.

Es importante mencionar que actualmente dentro del sitio, está en funcionamiento una ladrillera, la cual está extrayendo material de las diferentes plataformas que conforman el sitio (figuras 14 y 15).

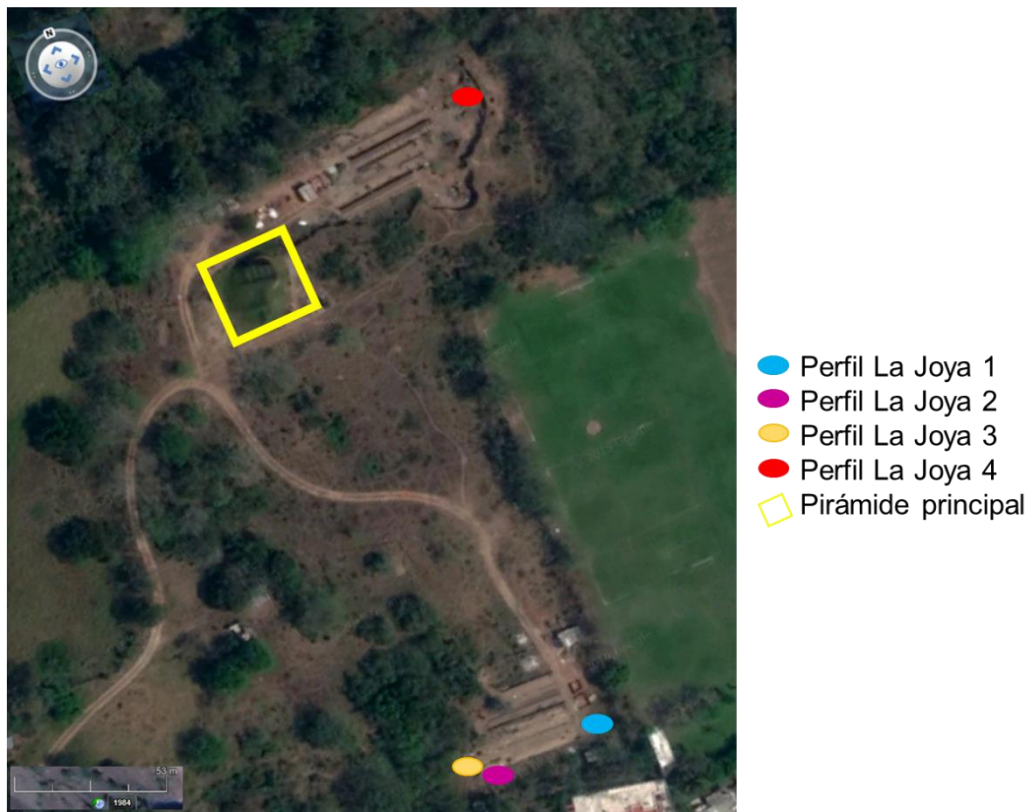


Figura 12. Ubicación de los perfiles en el sitio de La Joya  $19^{\circ}04' N$  y  $96^{\circ}09' W$  (UTM 14Q 799850E 2110850N); los meridianos  $96^{\circ} 59'$  y  $97^{\circ} 07'$  (Google Earth; 2019)



Figura 13, Croquis del sitio arqueológico, donde se pueden apreciar las diferentes estructuras del complejo arquitectónico del sitio (Daneels; 2002)



Figura 14. Vista de ladrillera que está en funcionamiento del sitio La Joya. (Fotografía tomada por Thania García)



Figura 15. Vista del lugar donde se excavó el perfil La Joya 1 (Fotografía tomada por Thania García)



Figura 16. Vista de la plataforma norte, se puede observar como el señor está destruyendo el edificio para sacar material y hacer lo ladrillos (Fotografía tomada por Thania García)

#### 4.2.2 Tres Mezquites, Michoacán

Este sitio se visitó en marzo de 2018, mientras estaban los trabajos de excavación del Proyecto arqueológico Tres Mezquites, a cargo de la Dra. Véronique Darras. A pesar de muestrear 8 perfiles, en este trabajo solo se muestran 2 (fig.17).

El primero de ellos se ubicó a 100 metros del montículo Tres Cerritos, ubicado a menos de un kilómetro del centro de dicho poblado. Este perfil se denominó Perfil Plataforma Epiclásica, y forma parte del relleno de la gran plataforma encima de la cual desplanta el montículo. Se aprovechó un corte hecho por una retroexcavadora que extrajo material en algún momento (fig. 17).

El segundo perfil se ubica a 30 metros del perfil anterior. Se consideró que dicho perfil se trataba de un suelo natural, pues sus características mostraron alto grado de pedogénesis. Este perfil se llamó Plataforma Epiclásica 2 (fig. 17).



- Montículo Tres cerritos
- Perfil Plataforma Epiclásica
- Perfil Plataforma Epiclásica 2

Figura 17. Ubicación de los perfiles de Tres Mezquites, Michoacán. Coordenadas del montículo Tres Cerritos 20°15'30.03"N 101° 38' 35.94'O (Google Earth; 2019)





Figura 18. Vista panorámica de la plataforma sobre la que se yergue el montículo de Tres Cerritos, que se observa a la derecha de la foto (Fotografía tomada por Thania García)



Figura 19. Vista de los campos de cultivo cercanos al montículo principal (Foto tomada por Thania García)

### 4.3 Muestreo

En ambos sitios, el muestreo se hizo en cada uno de los horizontes identificados. Se tomaron dos grupos de muestras (fig. 20).

- Análisis fisico-químicos: se tomaron aproximadamente 2 kg de muestra en bolsa de plástico.

- Láminas delgadas: se tomaron bloques inalterados de cada horizonte, de un tamaño de 15x8x5cm y respetando su orientación. Se envolvieron en papel aluminio y aseguraron con masking tape y se colocaron en bolsas de plástico, teniendo cuidado de no romperlos para no alterar los agregados.



Figura 20. Descripción del perfil Plataforma Epiclásica (Foto tomada por Thania García)

#### 4.3.1 La Joya

Es importante mencionar que para ambos sitios, además del muestreo que se hizo en campo por parte de la suscrita (autora del presente), ya se tenían muestras que también se trabajaron en esta investigación; a continuación se describe su procedencia.

Este grupo de muestras de rellenos proviene de la Plataforma Norte también, de la cuarta y quinta etapa constructiva del Clásico Medio (300-700d.C.) Son 9 en total y solamente se tenía muestra para análisis físico químicos. Sin embargo, había algunos agregados que tenían buen tamaño y que se seleccionaron para hacer láminas delgadas, a pesar de que no estaban orientados pero brindaron buena información.

Dichas muestras, nos permitirán comparar con los rellenos de los cuales si se tiene orientación y establecer si existe una relacion entre ellos. En la tabla siguiente esta listado de dichas muestras.

No. de muestra	Procedencia	Análisis
<b>5</b>	Cuarto relleno compacto	Físico-químicos, lámina delgada
<b>7</b>	Quinto relleno sedimento arenoso	Físico-químicos, lámina delgada
<b>8</b>	Quinto relleno sedimento arenoso	Físico-químicos, lámina delgada
<b>8bis</b>	Sexto relleno	Físico-químicos, lámina delgada
<b>15</b>	Relleno esquina elemento sobre apisonado bajo piso E4	Físico-químicos, lámina delgada
<b>53</b>	Relleno este talud 3W y 4W desmoronado	Físico-químicos, lámina delgada
<b>62</b>	Relleno talud E sondeo	Físico-químicos, lámina delgada
<b>6</b>	Cuarto relleno sedimento café	Físico-químicos
<b>63</b>	Relleno talud 3W	Físico-químicos

Tabla 1. Listado de muestras provenientes de la Plataforma Norte en La Joya

#### 4.3.2 Tres Mezquites

Son 43 muestras únicamente para análisis físico químicos, que provienen de la excavación UT22 (fig.19), perfiles este y oeste, que se hizo en el año 2016, al pie del basamento Tres Cerritos y de las cuales solo se contó con la descripción de la arqueóloga Alejandra Castañeda.

La UT 22 está localizada en el sitio PA1 “El Cerrito de Tres Mezquites” y tuvo por objetivo general obtener datos para comprender su cronología de ocupación, y

bajo este objetivo la comprensión entre la transición del Clásico al Epiclásico (fig. 21) (Darras, 2016)

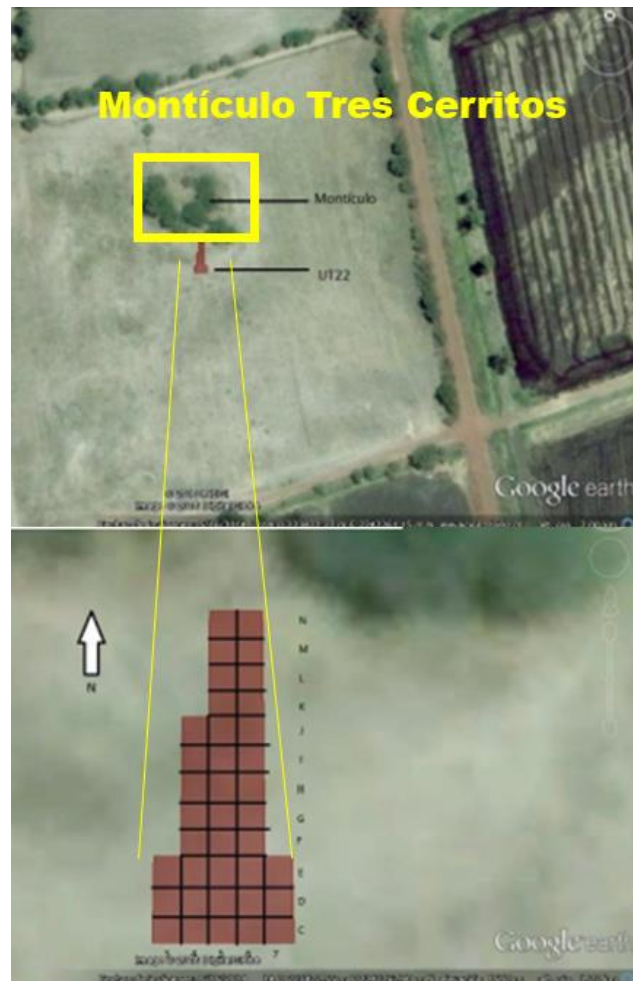


Figura 21. Ubicación de las muestras de la unidad UT22 (Tomado de Darras, 2016, modificado por García)

No. de muestra	Precedencia	Análisis
1	UT22 Perfil oeste UE10	Textura
2	UT22 Perfil oeste UE12	Textura
3	UT22 Perfil oeste UE56	Textura
4	UT22 Perfil oeste UE56	Textura
5	UT22 Perfil oeste UE64	Textura
6	UT22 Perfil oeste UE60	Textura

7	UT22 Perfil oeste UE60	Textura
8	UT22 Perfil oeste UE60	Textura
9	UT22 Perfil oeste UE60	Textura
10	UT22 Perfil oeste UE24	Textura
11	UT22 Perfil oeste UE29	Textura
12	UT22 Perfil oeste UE 113	Textura
13	UT22 Perfil oeste UE 114	Textura
14	UT22 Perfil oeste UE 66	Textura
15	UT22 Perfil oeste UE 125	Textura
16	UT22 Perfil oeste UE 15	Textura
17	UT22 Perfil oeste UE 22	Textura
18	UT22 Perfil oeste UE22	Textura
19	UT22 Perfil oeste UE22	Textura
20	UT22 Perfil oeste UE22	Textura
21	UT22 Perfil oeste UE22	Textura
22	UT22 Perfil oeste UE15	Textura
23	UT22 Perfil oeste UE71	Textura
24	UT22 Perfil oeste UE71	Textura
25	UT23 C2 ESTE	Textura
26	UT23 C2 ESTE	Textura
27	UT23 C2 ESTE	Textura
28	UT23 C2 ESTE	Textura
29	UT23 C2 ESTE	Textura
30	UT23 C2 ESTE	Textura
31	UT23 C2 ESTE	Textura
32	UT23 C2 ESTE	Textura
33	UT23 C2 ESTE	Textura
34	UT23 C2 ESTE	Textura
35	UT23 C2 ESTE	Textura
36	UT23 C2 ESTE	Textura
37	UT23 C2 ESTE	Textura
38	UT23 C2 ESTE	Textura
39	UT23 C2 ESTE	Textura

Tabla 2. Listado de muestras provenientes de la excavación UT 22, al pie del montículo Tres Cerritos

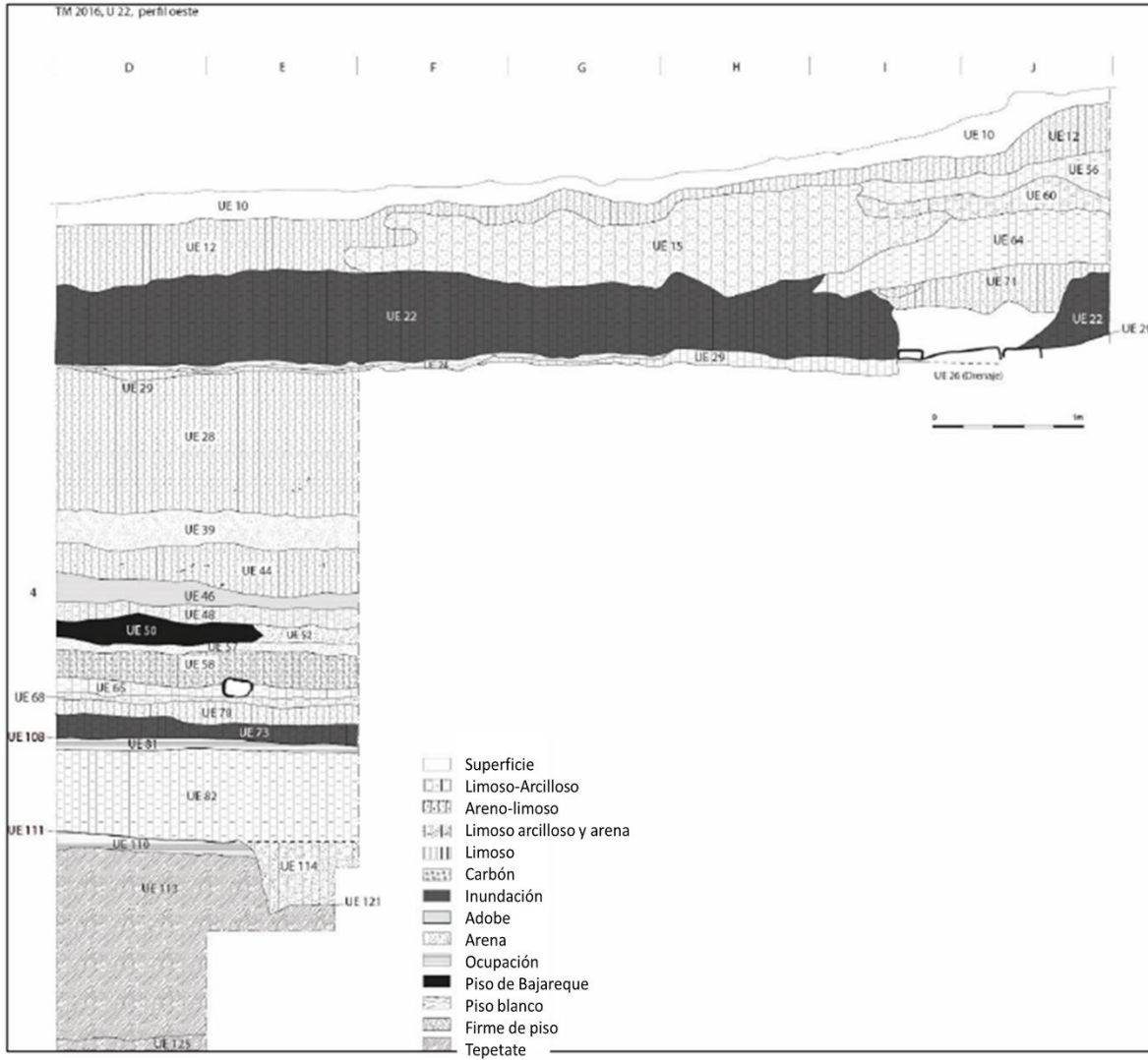


Figura 22. Dibujo del perfil oeste de la unidad UT22 (Alejandra Castañeda; 2016)

#### 4.4 Preparación de las muestras

Todas las muestras recolectadas requieren cierta preparación para utilizarlas en los análisis físico- químicos. Se pusieron a secar en horno a 56° durante 48 horas y una

vez secas se tamizaron en una malla de 2mm y se guardaron en bolsas debidamente etiquetadas.

## **4.5 Análisis físicos**

Los suelos y sedimentos inciden directamente en los sitios arqueológicos actuando como material de soporte de los mismos o sepultándolos y formando parte activa de los procesos de formación del contexto (Sánchez; 2005: 42). Es por esta razón que estos análisis permiten evaluar las propiedades físicas de los suelos y sedimentos; además es la herramienta básica para diferenciar estratos, donde la matriz de tierra es la característica dominante en la secuencia estratigráfica.

También nos ayuda a conocer el origen de los mismos, la identificación de áreas de actividad, la evaluación de la materia prima con la que fueron hechos los materiales arqueológicos encontrados en la excavación, así como a contestar otras preguntas más específicas que se tengan acerca de un sitio arqueológico en particular.

El análisis físico que realizamos a todas las muestras es el de textura, el cual se describe a continuación:

### **4.5.1 Textura**

Las partículas presentes en los suelos se dividen en grupos, según su tamaño, en arenas (2.00 a 0.05mm), limos (0.05 a 0.002mm) y arcillas (menor a 0.002mm).

Las arenas son las partículas más grandes, sin embargo, la influencia en las propiedades físicas y químicas donde hay muchas arenas es muy baja. También podemos decir que aumentan el espacio de los poros y facilitan el movimiento del aire y del agua.

Los limos tienen un área superficial mayor al de las arenas. En un suelo con muchos limos la intemperización es más rápida y libera más componentes químicos y nutrimentos para el crecimiento vegetal.

Las arcillas son las partículas más pequeñas, la cantidad de ellas influye en la retención de agua de los suelos, así como en la plasticidad.

En el caso de los estudios arqueológicos, esta prueba nos permite identificar los diferentes niveles estratigráficos en las excavaciones y la clase textural a la que pertenecen.

#### **4.5.1.1 Determinación de textura**

El método que se utiliza en el laboratorio de Suelos del Instituto de Geología de la UNAM es el de la pipeta.

##### Procedimiento

- Se pesaron 10gr de muestra y se colocaron en frascos de plástico.
- Se agregaron 20ml de Hexametáfosfato de Sodio y se echó agua destilada hasta llenarlo.
- Las muestras se colocaron en un Agitador Multipropósito CVP-0206 a 40 revoluciones durante 24hrs.
- La muestra se pasó por un tamiz para separar las partículas del tamaño arena y limos. Las primeras se separaron y se colocaron en charolitas de aluminio; posteriormente se metieron al horno durante 24hrs a 60°.
- Una vez que se secaron, se pesaron y se colocaron en bolsitas de papel.
- Posteriormente, la muestra tamizada se vació en probetas de 1000ml, y se agregó agua hasta 1000ml.
- Se agitaron durante un minuto para homogeneizar la muestra.
- Al terminar de agitar se colocó el cronómetro y se esperó 3 horas 53 minutos.
- Se introdujo una pipeta 20 cm y se extrajo la suspensión, la cual fue puesta en charolas de aluminio. Estas se metieron al horno durante 24 hrs.
- Una vez que se secaron se pesaron y se hicieron los cálculos pertinentes.
- Se trazó una gráfica con los valores obtenidos y de acuerdo a ella se obtienen los porcentajes de arcilla, limo y arenas.
- Con el diagrama de texturas se asignó la clase textural a la que pertenece cada una de las muestras.



Además, la muestra que sobró en las pipetas se utilizó para la extracción de la fracción arcilla para los análisis de difracción.

Cabe mencionar que para el caso de las muestras de los perfiles de Tres Mezquites, plataforma Epiclásica y Plataforma Epiclásica dos, se siguió el mismo procedimiento, sin embargo después de somerterlas con el Hexametáfosfato de sodio, su color aún era oscuro, por lo que se determinó que tenía mucha materia orgánica y se tuvieron que procesar de diferente manera. Se les agregó 10 ml de Péroxido de Hidrogeno al 10%, y en algunos casos 20ml, hasta que la mezcla dejara de efervercer y la materia orgánica se disolviera. Finalmente se echaron 10 ml de agua destilada para limpiarlas y se colocaron en las pipetas, siguiendo con los pasos que ya se describieron.

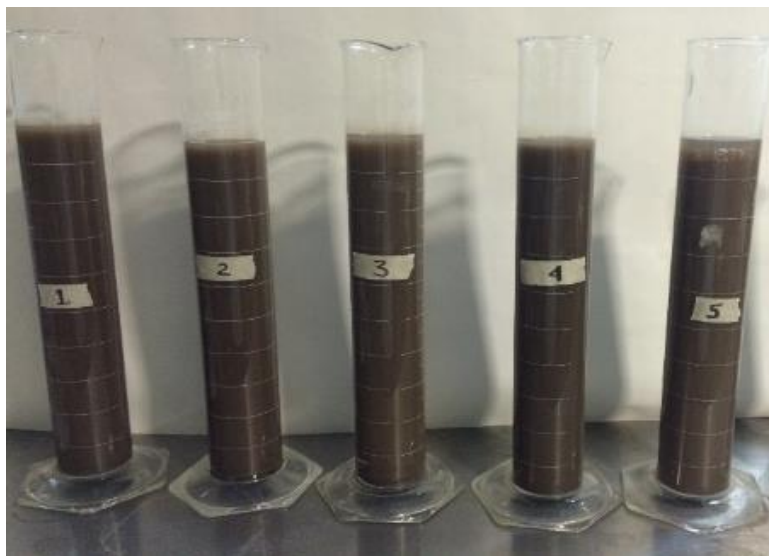


Figura 23..Probetas con las muestras de suelo en la técnica de textura

#### 4.5.2 Susceptibilidad magnética

La susceptibilidad magnética ( $\chi$ ), es la capacidad que tiene un material para adquirir una magnetización. Dichas propiedades magnéticas en los suelos, permiten identificar y cuantificar los minerales magnéticos y relacionarlos a su vez con los procesos pedogénéticos que ocurrieron o que ocurren en un suelo (Bautista; 2014).

Este parámetro magnético nos da información sobre la mineralogía (origen y ambiente de formación), así como de la geoquímica.

- Valores altos y positivos: materiales ferromagnéticos (Fe puro, Ni, Cr) y ferrimagnéticos (magnetita [Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>])
- Valores medios y positivos: minerales antiferromagnéticos (hematita [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>], goethita [FeOOH]).
- Valores bajos y positivos: minerales paramagnéticos: materia orgánica, plásticos, cuarzo [SiO<sub>2</sub>], alkali-feldespatos [Ca, Na, K, Al silicatos], calcita [CaCO<sub>3</sub>]. (Bautista; 2014; Bárcenas; 2015).

Los resultados sobre la susceptibilidad magnética en suelos se basan en las diferencias del comportamiento específico de los compuestos de hierro que controlan el orden magnético del suelo y a través de estas diferencias se pueden utilizar como marcadores de procesos en el suelo. El principal objetivo de hacer estos análisis en las muestras era saber si hubo fuego en los suelos

#### 4.5.2.1 Procesamiento de muestras

Las muestras seleccionadas se midieron en el laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica, con ayuda del Mtro. Hermenegildo Barcenás. La técnica consistió en llenar cubos de plástico de 8cm<sup>3</sup> con muestra de cada horizonte. Es importante mencionar que es recomendable que las muestras se tomen a cada 5cm del perfil; sin embargo, en este caso solamente se analizó una muestra de cada uno de los horizontes de los perfiles. Se midió la susceptibilidad en alta y baja frecuencia utilizando un susceptímetro Bartington modelo MS2 y un sensor dual tipo MS2B.

Una vez obtenidos ambos resultados, se dividieron entre la masa total de la muestra para hacer las gráficas correspondientes.

Se utilizó la fórmula  $\chi_{fd} = (1 - \chi_{hf} / \chi_{lf}) 100$  para obtener el porcentaje de tamaños de partículas (Bárcenas; 2015)

### 4.5.3 Difracción de Rayos X

Este análisis 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 como primero: homogeneizar 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.

Para este análisis se sometieron las muestras de los perfiles LJ2 y LJ4 de Veracruz y los dos perfiles de Tres Mezquites.

Se analizaron dos grupos de muestras

1. Muestra total, que fue la muestra tamizada con la malla 2mm.
2. Muestra de fracción arcilla, que procede del último paso del procedimiento de textura. Se secaron en tres diferentes alicuotas a) temperatura ambiente, b) Saturación con *etilenglicol* y calentadas a  $400^\circ$  y  $550^\circ$  C.

### 4.5.4 Micromorfología

La micromorfología del suelo es el estudio de muestras inalteradas y orientadas con la ayuda de técnicas microscópicas y ultramicroscópicas, para determinar la composición de los constituyentes y su relación espacial, con el objetivo de deducir sus relaciones genéticas y cronológicas (Nicosia; 2017:1).

Además, se pueden conocer aspectos físicos, químicos y biológicos de un suelo in situ.

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 (Poch, Loaiza; 2015: 322).

La técnica de la micro morfología se desarrolló en 1930 por el geólogo Kubiena. Sin embargo, para estudios arqueológicos se utilizó por primera vez por Cornwall en 1958.

Esta técnica constituye un complemento indispensable para la descripción de los suelos y sedimentos, y para identificar los procesos que generaron un suelo y los que continúan actuando sobre el mismo, después de incorporarse las evidencias de actividad humana en un sitio arqueológico en particular.

Es importante mencionar, que al hablar de suelos se dice que forman estructura, es decir forman *peds* que determinan el arreglo de sus partículas. En el caso de los sedimentos consiste en tierra suelta sin ningún tipo de agregados.

Por otra parte, el conocimiento de los procesos naturales que actúan en la génesis y evolución de los suelos es lo que el especialista identifica a nivel microscópico, rasgos de procesos naturales y rasgos de actividades antropogénicas en el caso de los sitios arqueológicos.

#### **4.5.4.1 Proceso de elaboración de láminas delgadas**

Las láminas delgadas son secciones de material geológico o arqueológico pegado en un portaobjetos, con un grosor no mayor a 30 micras (0.03mm) y las cuales se observan al microscopio para el análisis petrográfico o micromorfológico. Las láminas de suelo de esta investigación se hicieron en el Laboratorio de Laminación del Instituto de Geología a cargo del Mtro. Jaime Díaz Ortega. A continuación, se describe dicho proceso.

Los bloques de tierra se impregnaron con una preparación de resina: 700ml de resina poliéster cristal preparada, 300ml de monómero de estireno y 30 gotas de catalizador K-2000 peróxido de metil etil acetona y 20 gotas de promotor. Para que la resina penetre en los espacios porosos de los bloques de suelo, se colocan en una cámara de vacío durante 20 minutos.

Al sacarlas de la cámara de vacío, se dejan secar durante tres semanas para que concluya el proceso de penetración de la resina y después cortarlas con ayuda de una cortadora IMAHASHI de disco de polvo de diamante con el objetivo de quitar la resina sobrante. Después, una de las superficies de la muestra de suelo se pule con carburo de silicio con calibre de 600 y 1000 y petróleo o aceite para bebé como lubricante. Las superficies de las muestras que serán pegadas al portaobjetos deben quedar planas y con un pequeño brillo, el cual se obtiene con un abrasivo más fino (1000). Para el pegado 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 puedan ser desbastada posteriormente —a mano- con lijas con granos de 50 a 240 pulgadas y con abrasivos de 600 a 1000 pulgadas—, hasta dejarla con un grosor no mayor de 5 micras para poder observarla en el microscopio.

#### **4.5.2.2 Observación de las láminas en microscopio**

Tanto en la petrografía como en la micromorfología se utiliza un microscopio petrográfico, el cual tiene un sistema de iluminación ortoscópica (haces de luz no convergentes) y control de la intensidad de la luz (diafragma) (Pozo y González, 2003:37). El microscopio de luz polarizada emite haces de luz normal no polarizados, este haz de luz se observa como ondas que vibran en direcciones diferentes, sin embargo, es posible filtrar o alterar un haz de luz para hacer que las ondas vibren en una dirección paralela al plano determinado, entonces se dice que la luz está polarizada.

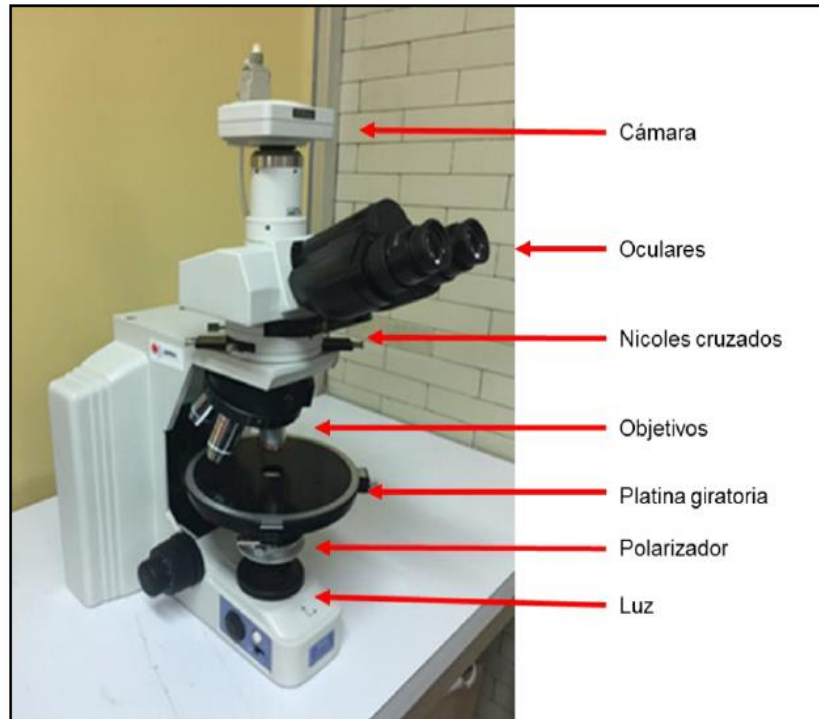


Figura 24. Partes de un microscopio petrográfico

Se emplean dos polarizadores orientados con una diferencia de  $90^\circ$  y la presencia entre ambos polarizadores de materia cristalina es el fundamento del estudio óptico de los minerales mediante el microscopio petrográfico. La muestra (lámina) se coloca sobre un soporte denominado platina y por encima de ésta se encuentran el conjunto de lentes, objetivo y ocular que permiten alcanzar con el microscopio petrográfico un aumento de entre 16X y 500X. Así pues, los nombres que recibe la luz con o sin analizador es luz polarizada plana (luz LPP) y de polarizadores cruzados (luz XP o NX) (Pozo y González, 2003).

En el caso de los bloques de suelo, se tomó como base los estudios de Bullock (1985) para la identificación de edaforrasgos.

Algunas de ellas se describen en las tablas siguientes: dependiendo si es con luz polarizada o nícoles cruzados ya que cada una de ellas muestra de diferente forma las propiedades de los minerales.

Es importante mencionar que, en los estudios petrográficos y micro morfológicos, a veces no es posible identificar todos los minerales debido a las

características que presenten al ser expuestas a la luz del microscopio; así como tampoco se podrán identificar los minerales de la arcilla menores a (0.02mm), de modo que sólo se pueden observar partículas del tamaño de los limo- arena 0.05 – 2.0

## **CAPÍTULO 5**

### **Resultados**

En este capítulo se describe detalladamente la información obtenida de los análisis de cada uno de los perfiles. Se divide en tres apartados en cada perfil

- En primer lugar se detalla la caracterización morfológica observada en campo
- Segundo se exponen los resultados obtenidos en los análisis físicos: textura, difracción de rayos X y susceptibilidad magnética
- Tercero, los análisis de la micromorfología.

#### **5.1 Perfil La Joya 1**

Este perfil se localizó al sur de la pirámide principal (19°04'02" N 96°09'03" W) (Ver fig.10) y su profundidad fue de 3,70m. Al 1,90m 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 (ABt, Bw y Bt) 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.



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
A	1.90-1.98	Estructura granular. Color negro. Poros vesiculares, con presencia de raíces frescas. Textura areno-arcillosa. (-)HCl. Poco espesor, al parecer removido por causas culturales.
AB	1.98-2.38	Estructura en bloques sub-angulares. Color café pardo. Presencia de poros vesiculares. Límite difuso. Textura arcillo-arenosa. (-)HCl. Presencia de pocos fragmentos de cerámica.
ABw	2.38-58	Estructura en bloques subangulares. Color café rojizo. Poros vesiculares y tubulares, recubiertos por arcilla. Límite difuso. Textura arcillo limosa. (-)HCl. Pocos fragmentos de cerámica.
Bt1	2.58-3.30	Estructura en bloques subangulares. Color café rojizo. Poros vesiculares y tubulares. Límite difuso. Mucha arcilla en la matriz. Textura arcillo limosa. (-)HCl. Pocos fragmentos de cerámica.
Bt2	3.30-3.50	Estructura en bloques subangulares. Color café rojizo. Poros vesiculares y tubulares. Muchos cutanes de iluviación. Textura arcillo limosa. (-)HCl. Pocos fragmentos de cerámica.
BC	3.50-3.70	Estructura en bloques subangulares, aunque ya no se forman con tanta facilidad. Color café oscuro. Poros vesiculares y tubulares. Límite irregular. Textura arcillo-arenosa. (-)HCl Algunos fragmentos de cerámica
C	3.20-3.70	Sin estructura. Color café claro. Textura arenosa. (-)HCl. Algunos poros vesiculares. Límite abrupto. Suelo estéril, es decir no tiene materiales arqueológicos. Se propone es la paleoduna donde esta asentado el sitio.

Figura 25. Descripción en campo del perfil La Joya 1 (Fotografía por Thania García)

## 5.1.1 Propiedades físicas

### 5.1.1.1 Granulometría (Textura)

En este perfil se observó que en el horizonte A y AB la fracción arena es la que predomina. En el caso del horizonte AB<sub>t</sub> aumentó el porcentaje de arcillas a 38%, lo cual también se corroboró con el aumento de cutanes de iluviación de arcillas. En el caso de los horizontes B<sub>w</sub> y B<sub>t</sub> son muy similares, por lo que probablemente se trataría de un mismo horizontes, sin embargo, en la micromorfología se identificaron más cutanes de iluviación en el B<sub>t</sub>; en el caso del horizonte BC y C un aumento en el porcentaje de arena, que se apoya muy bien en las descripciones de campo y que correspondería a la paleoduna identificada en los estudios de la Dra. Annick Daneels en La Joya.

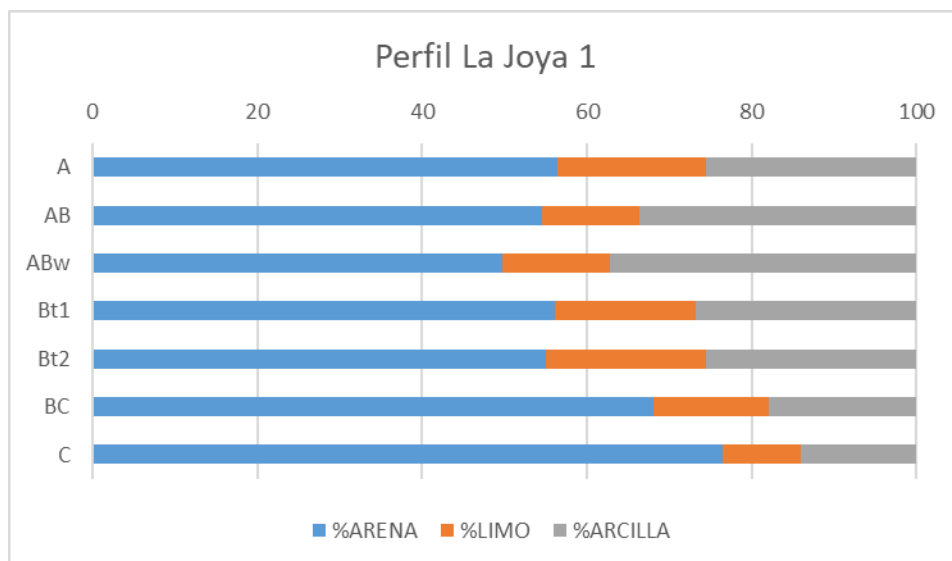


Figura 26. Porcentajes de arena, limo y arcilla en el perfil La Joya 1.

### 5.1.1.2 Susceptibilidad Magnética

En los resultados de esta prueba, se notan algunos cambios pero que no son tan drásticos en cuanto a los valores obtenidos, por lo que la identificación de minerales paramagnéticos no sería tan precisa.

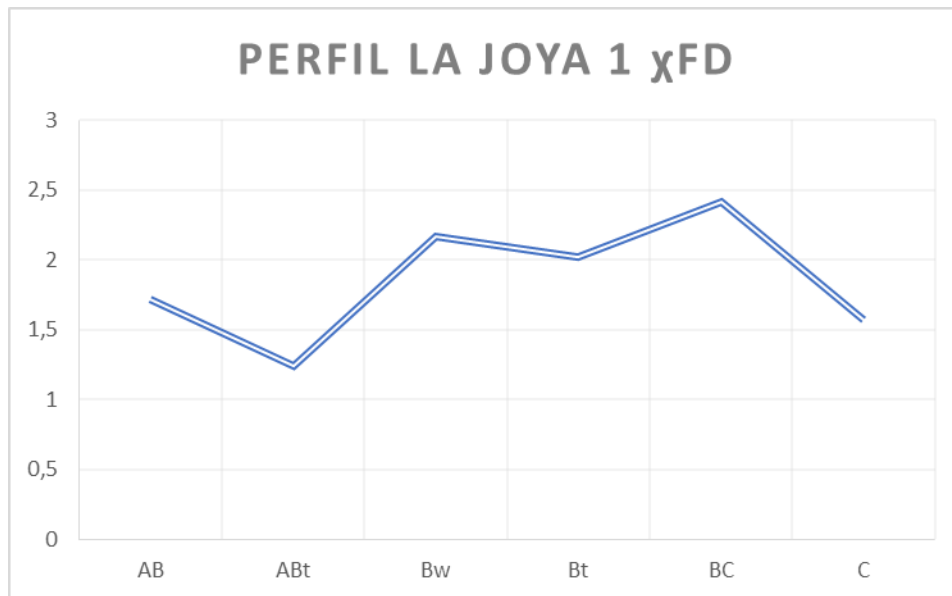


Figura 27. Resultados de susceptibilidad magnética perfil La Joya 1.

### 5.1.1.3 Difracción de Rayos X

En el estudio de difracción que se hizo a las muestras, en roca total, los minerales que predominaron son el cuarzo y la albita; sin embargo, se requería saber cuál era el tipo de arcilla predominantes pues en las características del suelo, como la estructura y los slicken sides, hicieron pensar que se trataba de un vertisol y queríamos confirmarlo o de lo contrario, saber qué tipo de suelo era.

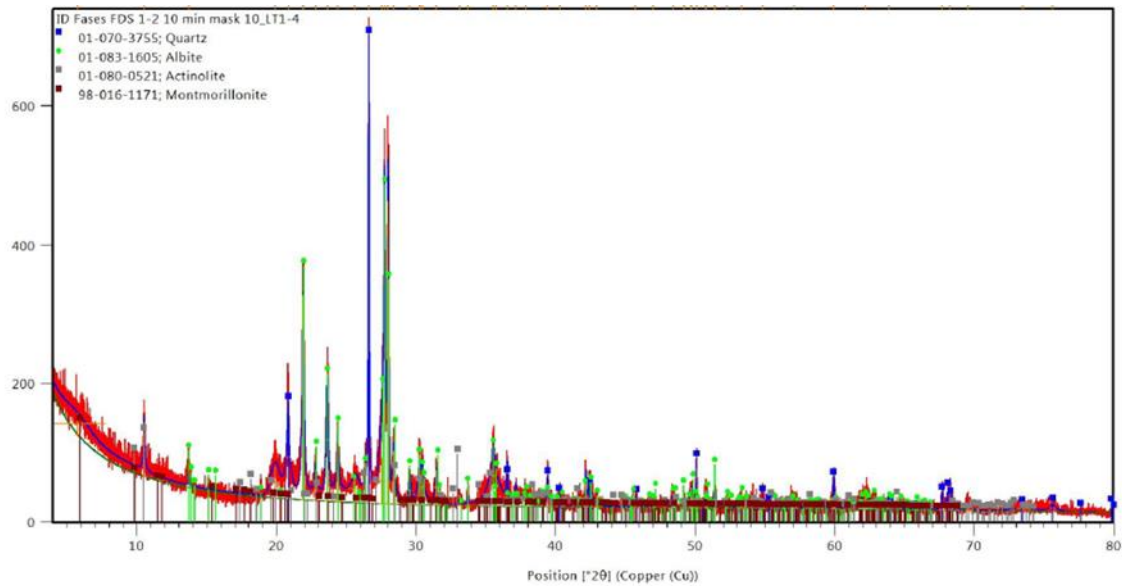


Figura 28. Difractograma del perfil La Joya 1 en roca total.

### 5.1.2. Propiedades micromorfológicas

Cuando se recolectaron las muestras y se hizo la descripción en campo se observaron ciertas características macroscópicas, pero todas ellas se tenían que corroborar en las láminas delgadas para reafirmar la nomenclatura de los horizontes que se propusieron en la primera descripción. Es por esa razón que algunos horizontes tienen una designación diferente a la que se dio en campo.

#### Horizonte A

- ESTRUCTURA: Granular y algunos bloques sub-angulares en la parte inferior de la lámina. Pigmentación oscura.
- POROSIDAD: 20%, cavidades y bio-canales.
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media y fina; cuarzos frescos, feldespatos potásicos, plagioclasas, anfíboles, piroxenos.
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces
- EDAFORRASGOS: 1) Revestimientos de arcilla laminares en poros, muchos de ellos no están orientados, 3) *Slikensides*

#### Horizonte AB

- ESTRUCTURA: Bloques sub-angulares.

- POROSIDAD: 10%, cavidades y bio-canales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media y fina; cuarzos frescos, feldespatos potásicos, plagioclasas, anfíboles, piroxenos y fragmentos rocosos.
- MATERIA ORGÁNICA: Pequeñas raíces
- EDAFORRASGOS: 1) Revestimientos de arcilla laminares en poros, 2) Slikensides

### **Horizonte AB<sub>w</sub>**

- ESTRUCTURA: Bloques sub-angulares.
- POROSIDAD: 20%, cavidades y bio-canales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media y fina; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, anfíboles, piroxenos y fragmentos rocosos.
- MATERIA ORGÁNICA: Pequeñas raíces
- EDAFORRASGOS: 1) Revestimientos de arcilla laminares en poros, 2) óxidos de Fe

### **Horizonte B<sub>t1</sub>**

- ESTRUCTURA: Bloques sub-angulares en la parte inferior de la lámina.
- POROSIDAD: 5% poros vesiculares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena fina; cuarzos frescos<sup>1</sup>, feldespatos, plagioclasas, anfíboles, piroxenos.
- EDAFORRASGOS: 1) Iluviación (revestimientos de arcilla laminares en poros), 2) óxidos de Fe

### **Horizonte B<sub>t2</sub>**

- ESTRUCTURA: Bloques sub-angulares. Compacto
- POROSIDAD: 10%, cavidades y bio-canales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, anfíboles, piroxenos, vidrio volcánico y fragmentos rocosos.

---

<sup>1</sup> Cuarzo con poco grado de intemperismo.

- EDAFORRASGOS: 1) Iluviación (revestimientos de arcilla laminares en poros), 2) *slikensides*

## Horizonte BC

- ESTRUCTURA: Bloques sub-angulares.
- POROSIDAD: 2%, cavidades y bio-canales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, anfíboles, piroxenos, vidrio volcánico y fragmentos rocosos.
- EDAFORRASGOS: 1) Iluviación (revestimientos de arcilla laminares en poros), 2) Nódulos de Fe

## Horizonte C

- ESTRUCTURA Masiva
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas

En este perfil se identificó tanto en descripciones de campo como en microscopio, mucho material arqueológico, incluso en horizontes más profundos. Debido a las características vérticas presentes en los horizontes, especialmente el agrietamiento en las temporadas de sequía, es común que el material se percole hacia la parte inferior. No obstante, cuando se describió el perfil, la compactación era alta y era poco probable que el material pudiera migrar a las partes bajas, pero no se dejó a un lado la posibilidad de que quizá el suelo fuera removido por diferentes prácticas antrópicas, como agricultura, que permitiera que el material, en el momento en el que el suelo fuera superficie se percolara por las grietas.

En este perfil se observaron varios cutanes de arcilla que no están en su posición original, es decir no se formaron in situ. Como aparecen en la parte superior del perfil (Horizonte ABw) pudiera ser que la tierra al ser removida para cultivar haya movido agregados y por lo tanto la posición de los cutanes cambiará. Esto reafirmaría que ese horizonte si fue superficie en algún momento y tuvo que haber proceso de pedogénesis. A pesar de existir ciertas características y rasgos que sugieran que se trata de un paleosuelo, como los *slikensides*, o cutanes de

iluvación, también existe la posibilidad de que se trate de rellenos antrópicos más que suelo natural debido que en la mayoría de los casos estos edaforrasgos no están orientados conforme a un desarrollo in situ, sino que presentan orientaciones, deformaciones y fragmentaciones muy divergentes, lo que concordaría con la interpretación estratigráfica arqueológica. Es por esa razón que sugieren más estudios y más muestreos para observar más rasgos pedogenéticos.

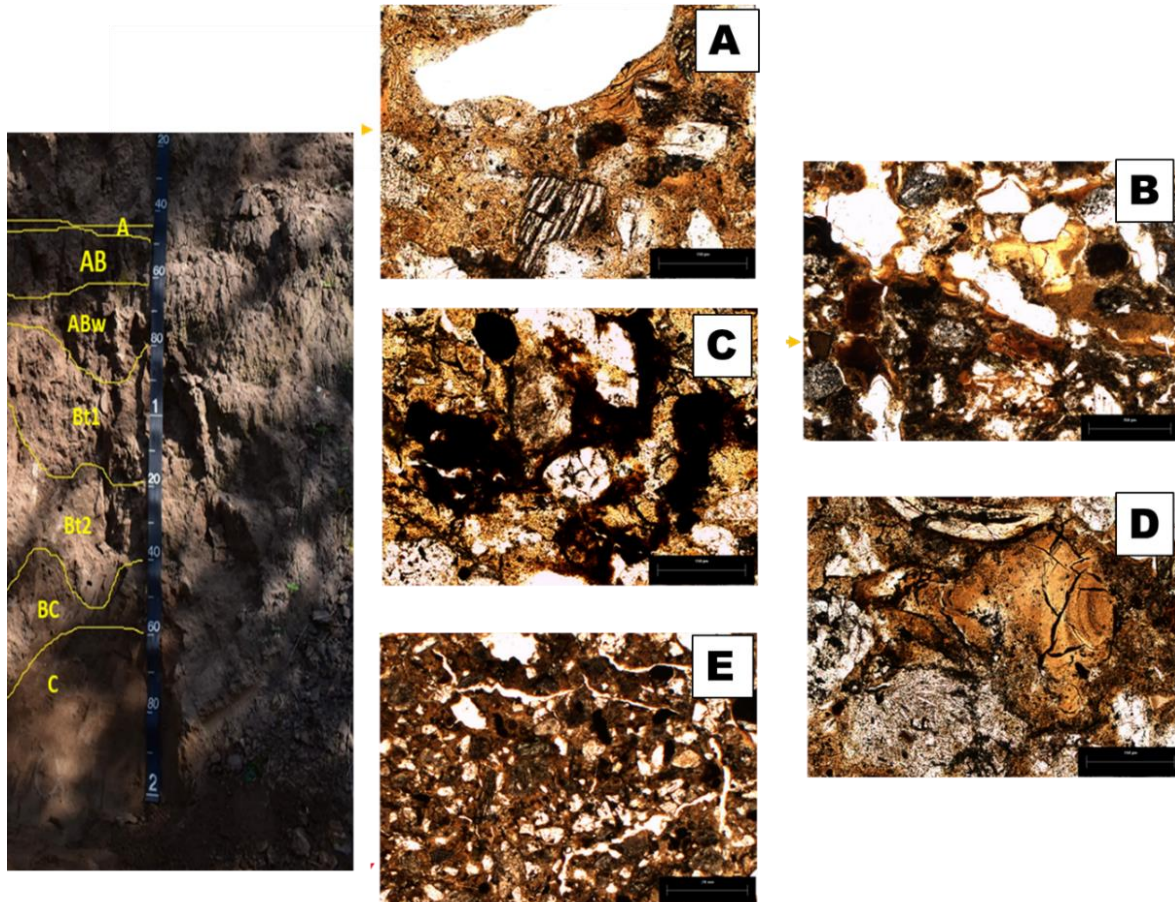


Figura 29. Perfil La Joya 1 con microfotografías de los rasgos característicos de cada horizonte. (A) Revestimientos de arcilla fragmentados, plagioclasas y cuarzos en Horizonte A (LP -luz polarizada); (B) Diferentes revestimientos de arcilla en Horizonte Bt1 (L-P); (C) Rasgos de oxidación característicos de ambientes de saturación de agua en horizonte Bt2 (L-P); (D) Revestimiento de arcilla fragmento inmerso en la matriz del suelo (sin orientación natural) en Horizonte ABw (LP); (E) Estructura sub-angular de los agregados del suelo en Horizonte BC (LP) (T. García)

En este perfil se sugirió que el paleosuelo, del cual queda evidencia ahora, en realidad presenta tres desarrollos pedogénéticos, por lo que se denominó desarrollado poligenético, es decir que se formó en diferentes momentos, por eso se presentan

dos tres horizontes A. El primero de estos horizontes corresponde al primer momento con el horizonte AB. El segundo horizonte ABw ligado con el Bt1 y el tercer momento Bt2, BC y C; en este último las características no fueron iguales al horizonte Bt1 por lo que se sugiere que su horizonte A fue decapitado, es decir se retiró por algún motivo: ya sea natural o intencional.

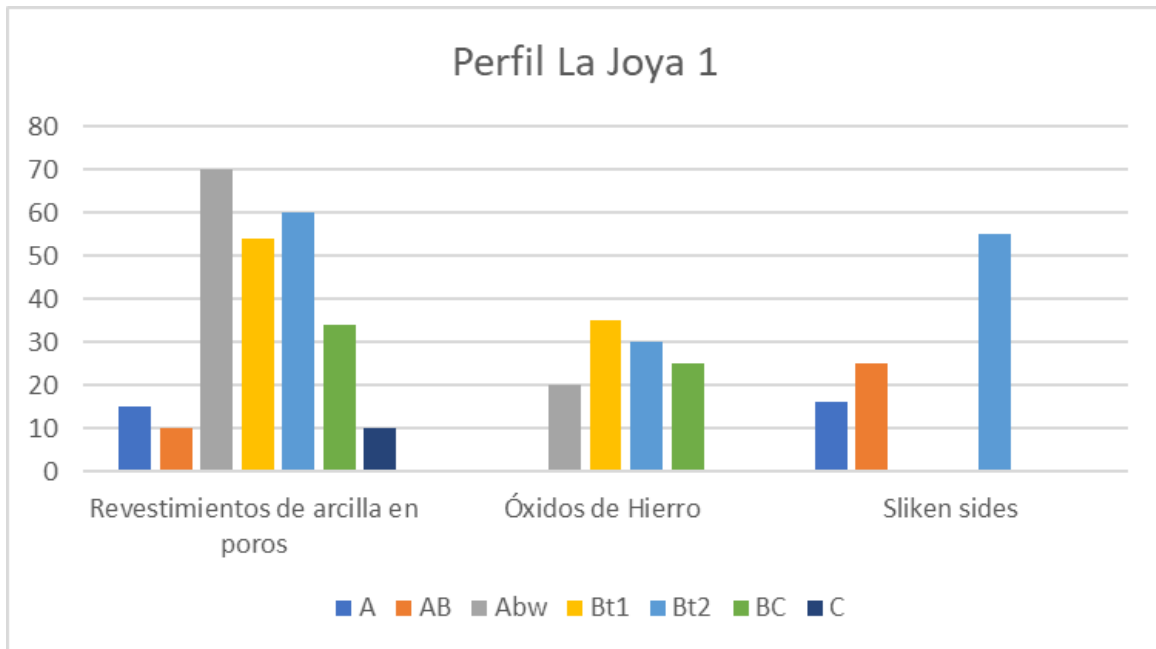


Figura 30. Gráfica donde se muestran los porcentajes de rasgos pedológicos del perfil la Joya 1.



## 5.2 Perfil La Joya 2

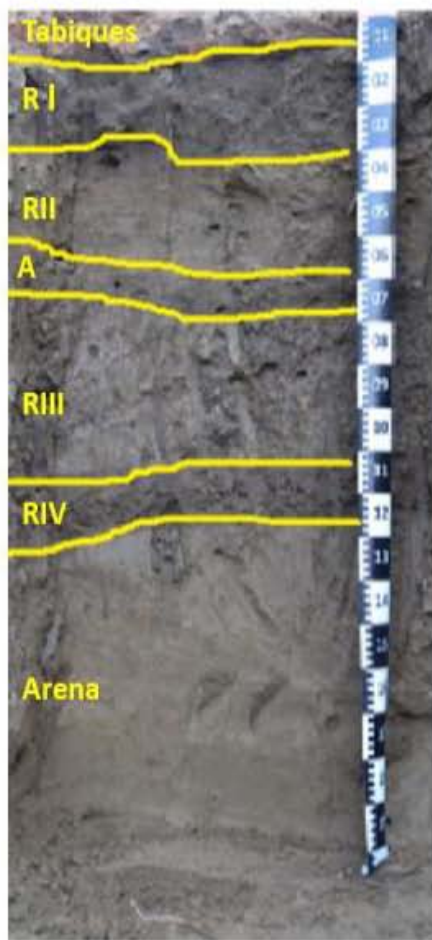
Este perfil se ubica a 50 metros al oeste del perfil La Joya 1 (19°00'02" N 96°09'03" W) (Ver fig.12) Se identificaron seis horizontes, de los cuales, de acuerdo a la descripción en campo, creemos que uno de ellos puede tratarse de un desarrollo de suelo *in situ*; sin embargo, se presume que de acuerdo a la distribución arquitectónica del sitio se trata de una plaza.

Además, en el relleno III, se observaron ciertas laminaciones de sedimentos, ocasionadas de manera natural.

Principalmente se identificaron cuatro rellenos, a los cuales se les asignó este nombre pues en las observaciones en campo, no se identificó estructura y tenían gran cantidad de material arqueológico, específicamente cerámica. Dichos rellenos, se denominaron de esta manera, pues en las observaciones en campo, aún no se tenía la certeza de que se trataran de suelos naturales o de rellenos.



Figura 31. Detalle de las laminaciones de sedimentos en perfil La Joya 2



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
Tabiques	0-5	Pedacería de tabiques actuales
Relleno I	5-30	Estructura en bloques subangulares. Color café pardo. Textura arcillo-limosa. Poros vesiculares. (-)HCl. Fragmentos cerámicos
Relleno II	30-55	Estructura en bloques subangulares. Color café claro. Textura arcillo-arenosa. Poros tubulares y vesiculares. (-)HCl. Fragmentos cerámicos. En este horizonte se observaron laminaciones de sedimentos.
A	55-65	Estructura en bloques subangulares que rompen a granular. Color café pardo. Poros vesiculares, intersticiales y tubulares. Textura arcillo-limosa. Pocos fragmentos de ceramica, a diferencia de los horizontes superiores. (-)HCl.
Relleno III	65-1.00m	Estructura en bloques angulares. Color café pardo. Textura arcillo-arenoso. Poros vesiculares. Presenta moteados grises en algunas partes. Presenta abundancia en material arqueológico y fragmentos de rocas. -)HCl
Relleno IV	1.00m-1.20m	Estructura en bloques angulares. Color café pardo. Textura arcillo-arenoso. Poros vesiculares. Presenta abundancia en material arqueológico y pequeños fragmentos de rocas. Se identifico carbón. Al parecer se trató de una superficie. (-)HCl
Arena	1.20m-1.90m	Estructura masiva. Textura arenosa. Sin material arqueológico

Figura 32. Descripción en campo del perfil La Joya 2 (Fotografía tomada por Thania García)

## 5.2.1 Propiedades físicas

### 5.2.1.1 Granulometría (Textura)

En este perfil en el relleno I, se nota un alto contenido de arena, el cual puede ser porque se ve que esta removido por trabajo en la ladrillera. El relleno II y el horizonte A, muestran porcentajes muy similares, sin embargo se diferencian porque el horizonte A si tiene estructura, a diferencia del relleno que son sedimentos. El relleno III tiene un alto contenido de limos y es importante mencionar que son practicamente laminaciones de sedimentos, que en campo también se describieron como limos.

Los últimos dos horizontes tienen alto contenido de arenas que también corresponden a la paleoduna mencionada en el perfil La Joya 1.

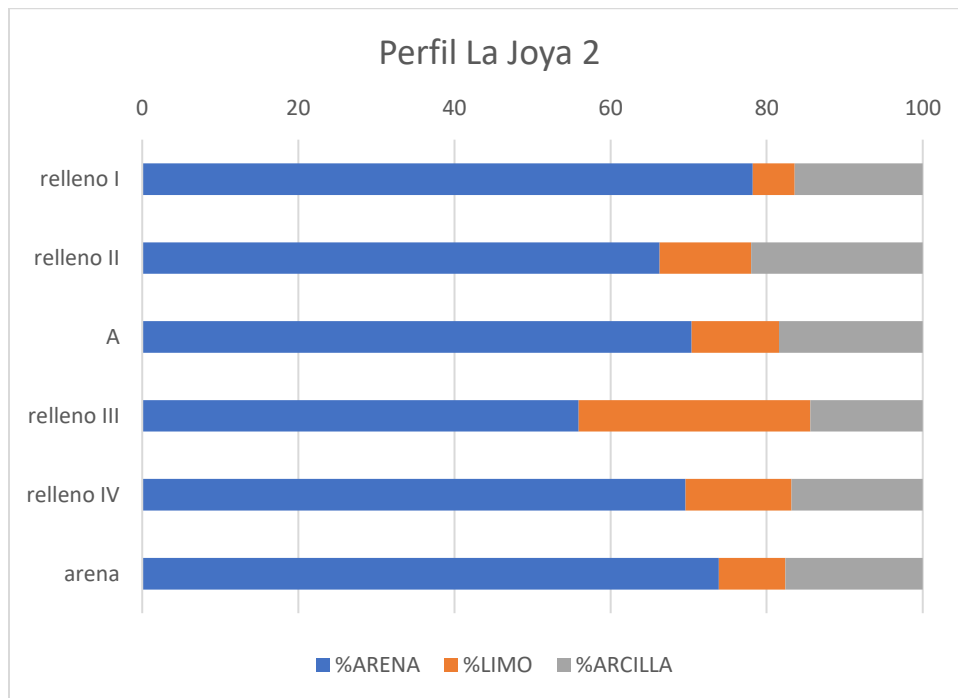


Figura 33. Granulometría del perfil La Joya 2

### 5.2.1.2 Susceptibilidad magnética

En el caso de la susceptibilidad magnética, los resultados obtenidos no fueron los esperados, puesto que a simple vista no marcan una diferencia en cuanto a los valores obtenidos al menos hasta el relleno IV, en donde disminuye la cantidad de minerales paramagnéticos en texturas más arenosas.

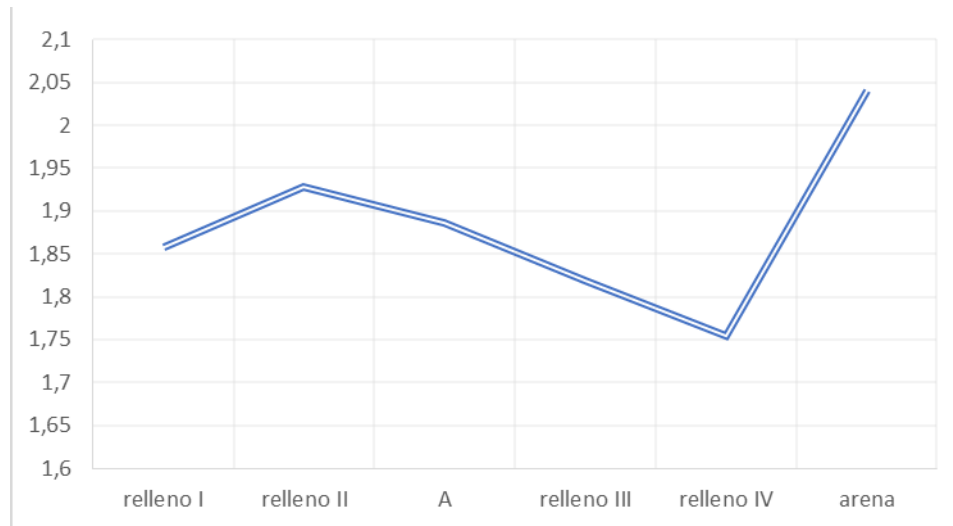


Figura 34. Resultados de la susceptibilidad magnética perfil LJ2.

### 5.2.2 Propiedades micromorfológicas

#### Tabiques (escombros de producción de ladrillo contemporáneo)

##### Relleno I (Horizonte B)

- ESTRUCTURA: Bloques sub-angulares
- POROSIDAD: 20% vesiculares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas, piroxenos y vidrio volcánico
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas
- EDAFORRASGOS: 1) Revestimientos de arcilla laminares en poros, 2) Óxidos de Fe, Iluviación de arcillas

## **Relleno II (Horizonte B<sub>t</sub>)**

- ESTRUCTURA: Bloques sub-angulares
- POROSIDAD: 10%, bio-canales, cavidades
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media, cuarzos, feldespatos, plagioclasas, piroxenos y vidrio volcánico
- EDAFORRASGOS: 1) Revestimientos de arcilla laminares en poros, muchos de ellos no estan orientados, 3) *slikensides* 4) laminaciones en la parte izquierda del perfil que corresponden a pisos formados por el arrastre pluvial de material proveniente de la plaza.

## **Horizonte A**

- ESTRUCTURA: Bloques granular y en la parte inferior de la lámina tiende a bloques subangulares
- POROSIDAD: 20% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas, carbón
- EDAFORRASGOS: 1) Óxidos de Fe

## **Relleno III (Horizonte B<sub>tg</sub>)**

- ESTRUCTURA: Bloques angulares
- POROSIDAD: 20% vesiculares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas, piroxenos y vidrio volcánico
- EDAFORRASGOS: 1) Revestimientos de arcilla laminares en poros, 2) Óxidos de Fe, 3) Gleyzación

## **Relleno IV (Horizonte B<sub>g</sub>)**

- ESTRUCTURA: Bloques angulares
- POROSIDAD: 15% vesiculares

- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas, piroxenos, vidrio volcánico y fragmentos rocosos.
- EDAFORRASGOS: 1) Gleyzación, 2) Óxidos de Fe, en la parte superior del horizonte.

En la descripción en campo, se considero que este relleno pudo tratarse de una superficie pues presentaba un color oscuro, es decir posiblemente un horizonte A; sin embargo en las observaciones en el microscopio no existió ninguna evidencia de restos de materia orgánica ni estructura granular que sugiriera que puso ser superficie.

En el caso de los rasgos de gleyzación, también se identificó un moteado color grisáceo- azulado en algunas de las partes inferiores del horizonte. Los procesos de gleyzación son característicos cuando el manto freático sube pero en la parte inferior solamente observamos un horizonte arenoso, correpondiente a la paleoduna donde esta asentado el sitio. Posiblemente era un proceso de acumulación de agua, ya sea natural o antrópico pero como se revisará en el perfil LJ3, estos rasgos pedogenéticos no se identifcan por lo que habría que hacer más estudios acerca de este fenómeno que es tan puntual.

### **Arena (Horizonte C)**

- ESTRUCTURA Masiva
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas

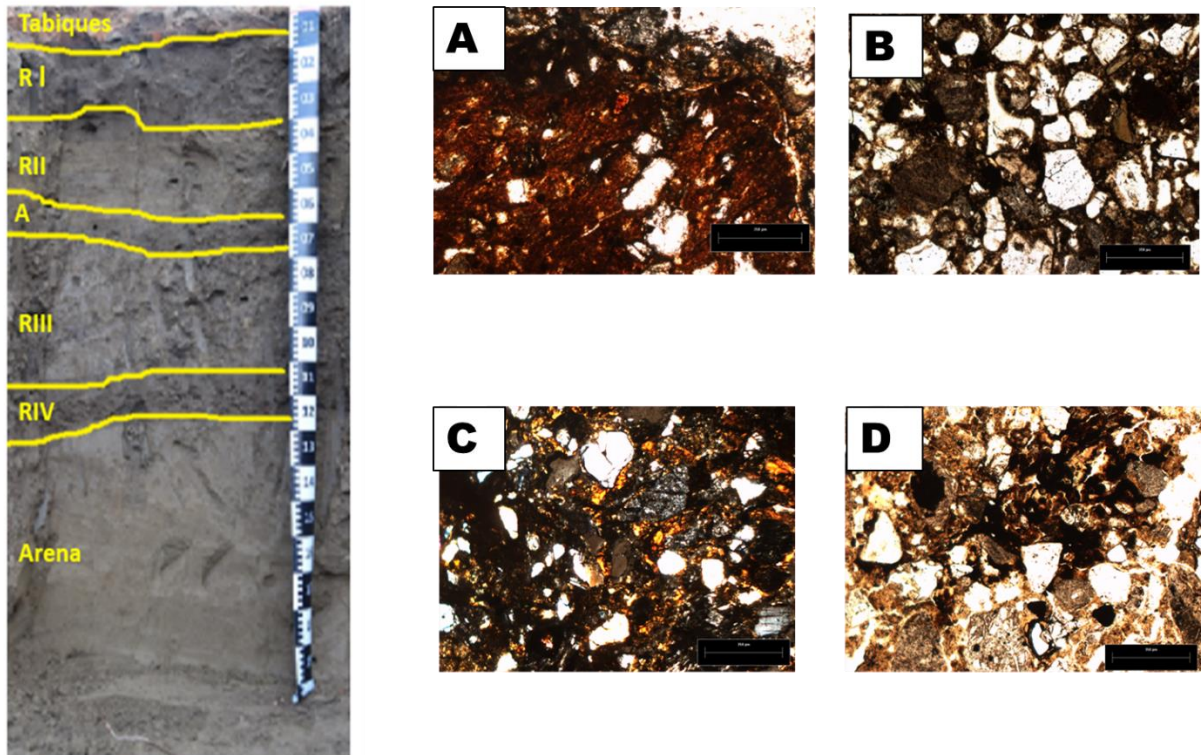


Figura 35. Perfil La Joya 2 con microfotografías de los rasgos característicos de cada horizonte. (A) Óxido de Fe en el horizonte A (LP); (B) Vidrio volcánico en horizonte relleno III (LP); (C) Minerales como cuarzos y plagioclasas en el relleno III, así como arcilla entre los poros (LP); (D) Oxidación en el horizonte A, además de arcilla entre los poros (LP) (T.García)

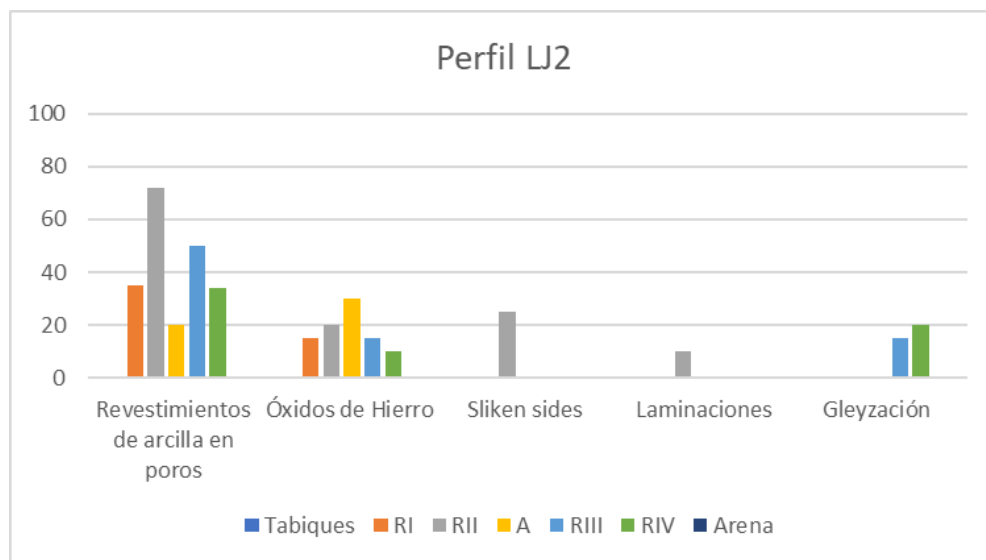


Figura 36. Grafica de porcentajes de procesos pedológicos en Perfil LJ2

### **5.3 La Joya 3**

Este perfil se encuentra a 6 metros al norte del perfil La Joya 2(19°00'02" N 96°09'03"W) (Ver fig.12) y es complementario de este último, ya que solamente se muestrearon tres horizontes que creemos se tratan de los mismos rellenos que tiene el perfil mencionado por el tamaño de las partículas en ambos. De ser así, se podría tener la continuación del nivel se superficie de la plaza.





Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
A	70-80	Estructura en bloques subangulares que rompe a granular. Color café pardo. Poros vesiculares con presencia de raíces frescas. Textura arcillo-limosas. (-)HCl. Sin material arqueológico
Relleno III	80-110	Estructura en bloques angulares. Color café pardo. Textura arcillo-arenosa. Con grado de intemperismo menor que en el perfil LJ2. (-)HCl
Relleno IV	110-120	Estructura en bloques angulares. Color café pardo. Textura arcillo-arenosa. Muy compacto. Presencia de material arqueológico. Mucho carbón. (-)HCl

Figura 37. Descripción en campo del perfil La Joya 3

### 5.3.1 Propiedades físicas

#### 5.3.1.1 Granulometría (Textura)

Este perfil es complementario del perfil La Joya 2, ya que se quería corroborar si el horizonte A continuaba hacia el norte y si se trababa de posible paleosuelo. Sin embargo, en el relleno III aumento el porcentaje de arena y disminuyo a 5% de arcilla, también se observaron laminaciones naturales de sedimentos. A diferencia del perfil anterior, el relleno IV, tiene menos porcentaje de arenas que en el Perfil La Joya 2, pero aumentó el porcentaje de arcillas, lo cual se puede atribuir a la cantidad de cutanes de iluviación de arcillas que se observaron en el microscopio petrográfico.

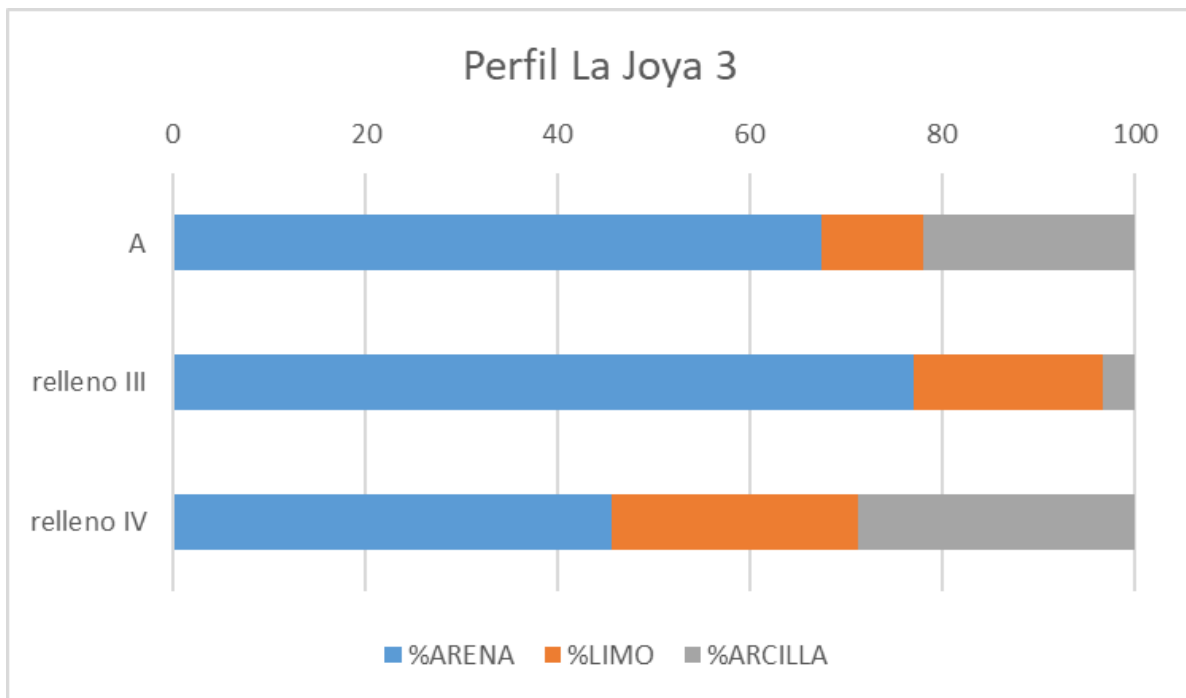


Figura 38. Granulometría del perfil La Joya 3

### 5.3.2 Propiedades micromorfológicas

#### Horizonte A

- ESTRUCTURA: Bloques granulares y en la parte inferior de la lámina tiende a bloques subangulares
- POROSIDAD: 20% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas, carbón
- EDAFORRASGOS: 1) Revestimientos de arcillas, 2) óxidos de Fe

#### Relleno III (Horizonte Bt)

- ESTRUCTURA: Bloques angulares
- POROSIDAD: 20% vesiculares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas, piroxenos y vidrio volcánico
- EDAFORRASGOS: 1) Óxidos de Fe, 2) Revestimientos de arcilla, 3) Iluviación de arcillas

#### Relleno IV (Horizonte B)

- ESTRUCTURA: Bloques angulares
- POROSIDAD: 15% vesiculares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas, piroxenos, vidrio volcánico y fragmentos rocosos
- EDAFORRASGOS: 1) Iluviación de arcillas

Este perfil se sugirió en campo como complementario del perfil 2, puesto que lo que se proponía como horizonte A, presentaba las mismas características e incluso la presencia de agrocitanes que sugiere el uso agrícola de este espacio. Algo que

resalta anómalo es el proceso de gleyzación, debido a que el nivel topográfico en el que se encuentra y que no se encuentra tan susceptible a inundaciones.

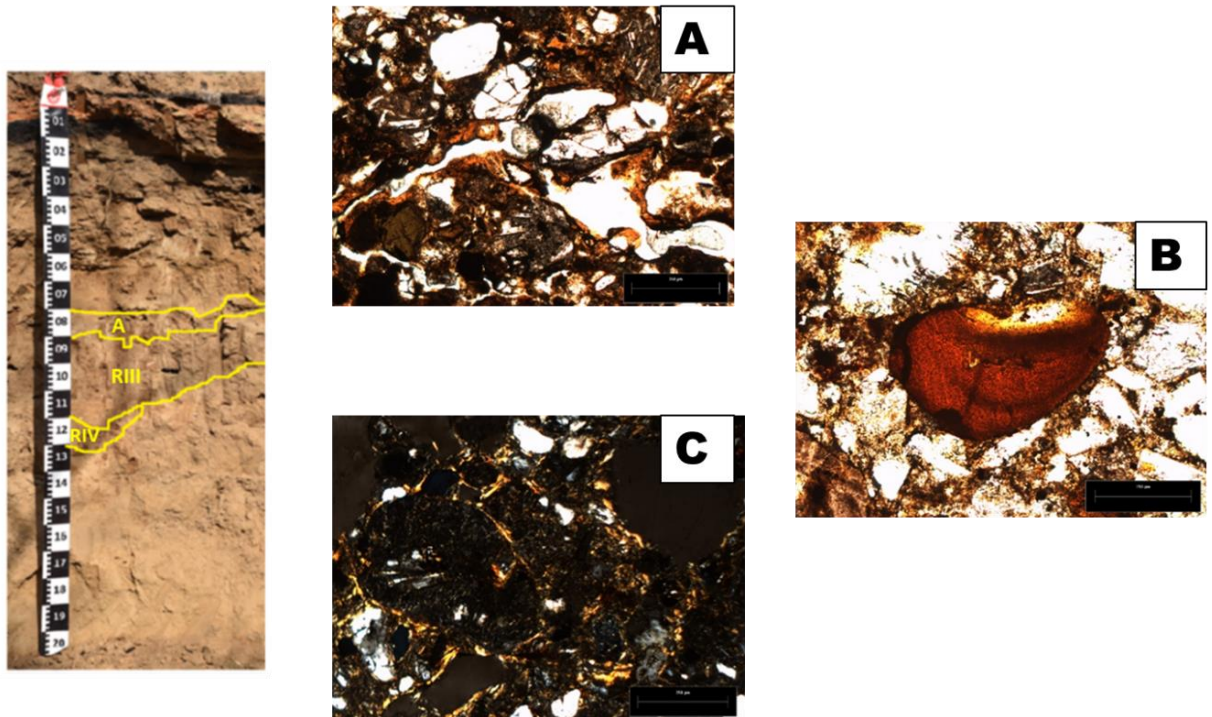


Figura 39. Perfil La Joya 3 con microfotografías de los rasgos característicos de cada horizonte (A) Cutanes de iluviación en el horizonte A (LP); (B) Posible agrocutan inmerso dentro de la matriz del suelo, en horizonte A (LP); (C) arcilla y cuarzos relleno IV (nicoles cruzados). (T. García)

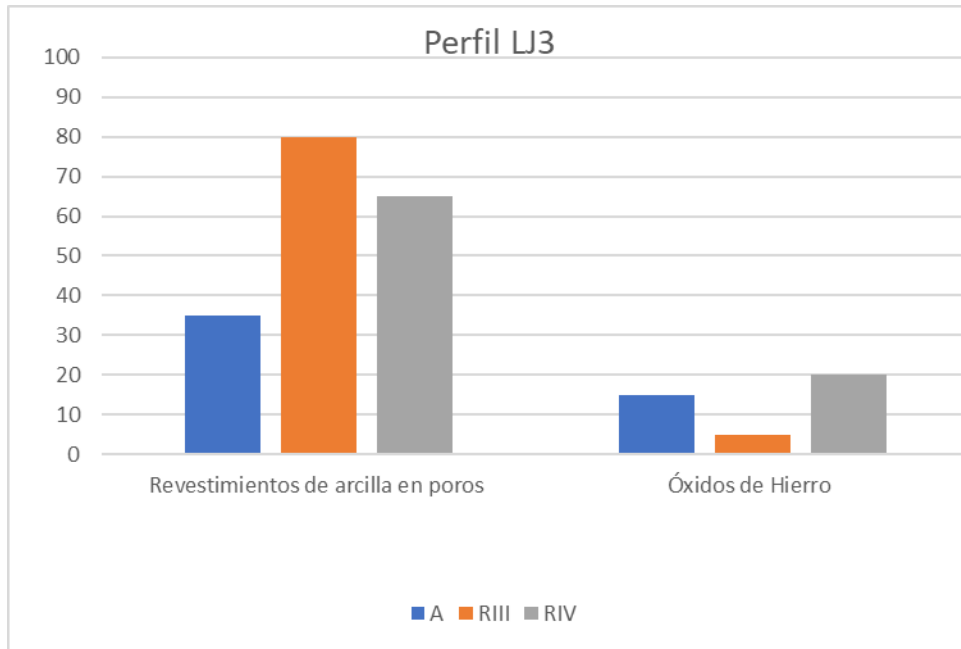


Figura 40. Gráfica de porcentajes de rasgos pedogenéticos perfil LJ3

#### 5.4 Perfil La Joya 4

Este perfil se localizó al este de la pirámide principal, ( $19^{\circ}04'08''$  N  $96^{\circ}09'03''$  W) (Ver fig.12) en el relleno de la Plataforma Norte, etapa I. 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, de presentar algunos revestimientos de arcilla y una estructura subangular.

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, quizá no como un material constructivo, pero si hubo una intención al acomodarlo de esa manera.

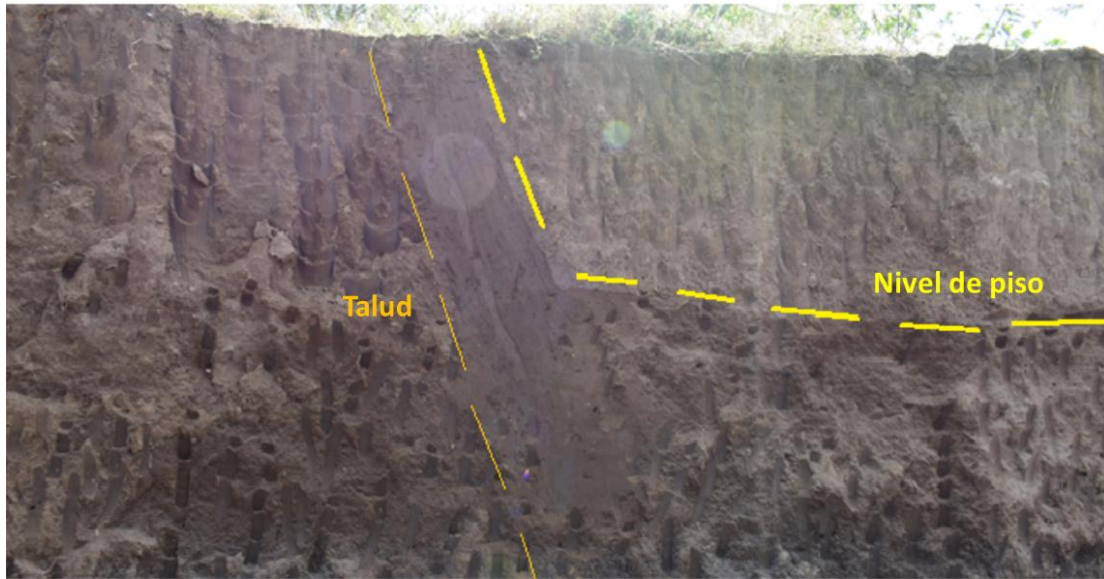


Figura 41. Etapa I de la Plataforma Norte del sitio



Figura 42. Perfil la Joya 4, de donde se extrajeron los bloques para los análisis micromorfológicos (Tomada por García: 2018)



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
Relleno I	54-75	Estructura en bloques subangulares. Color café pardo. Compacto. Textura arcillo-limosa. Pocos poros tubulares
Relleno II	75-1.15	Estructura en bloques subangulares. Color café pardo. Compacto. Textura arcillo-limosa. Pocos poros tubulares.
Relleno III	1.15- 1.65	Estructura en bloques subangulares. Color café pardo. Compacto. Textura arcillo-limosa. Poco material arqueológico.
AB	1.65	Estructura en bloques subangulares. Color café oscuro. Textura arcillo-limosa. Pocos poros vesiculares y escasas raíces.

Figura 43. Descripción en campo del perfil La Joya 4.

## 5.4.1 Propiedades físicas

### 5.4.1.1 Granulometría (Textura)

En este perfil se puede observar un porcentaje de 66% de arenas en el relleno I, en el caso del relleno II y del III, los porcentajes son similares en arenas, limos y arcillas. En el caso del horizonte AB, el más profundo aumentó el porcentaje de arcillas al 35%.

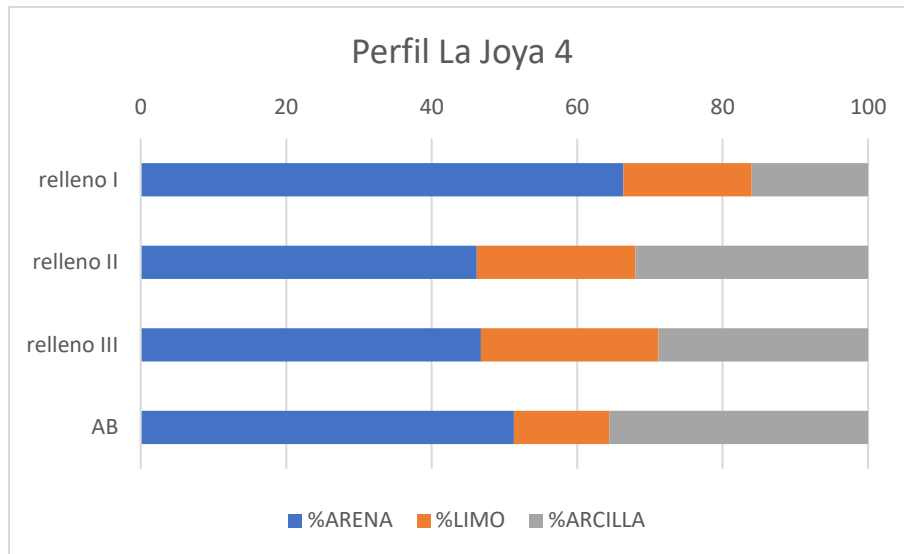


Figura 44. Granulometría del perfil La Joya 4

### 5.4.1.2. Susceptibilidad magnética

En los resultados de este perfil, el único cambio que se observa es en el relleno número dos, el cual se ubica a 85cm. Tal como se observa en la micromorfología, es el horizonte que presenta mayor cantidad de óxidos de hierro. Sin embargo, estos los asociamos a la saturación de agua, que no puede ir más abajo por el grado de compactación.



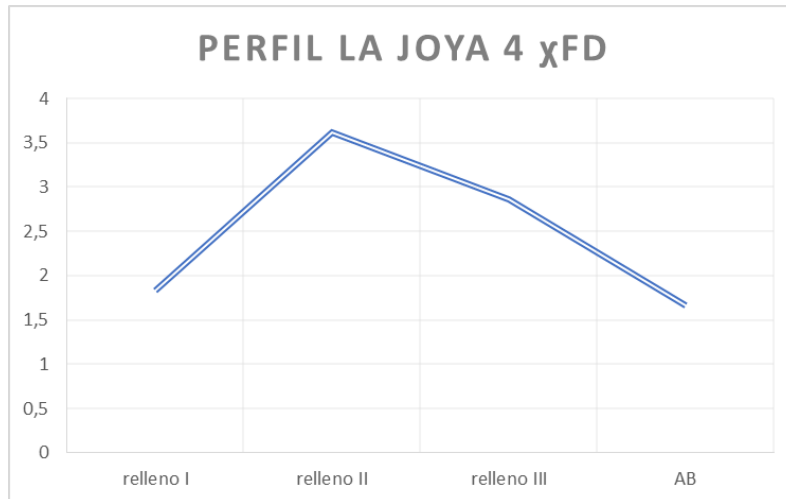


Figura 45. Resultados susceptibilidad magnética perfil LJ4

### 5.4.1.3. Difracción de Rayos X

En las muestras que se analizaron en la Difracción de Rayos X, se observó que el mineral más abundante es el cuarzo, al igual que los perfiles anteriores. Sin embargo, como no se pudo distinguir el tipo de arcilla predominante se hicieron análisis con muestras orientadas.

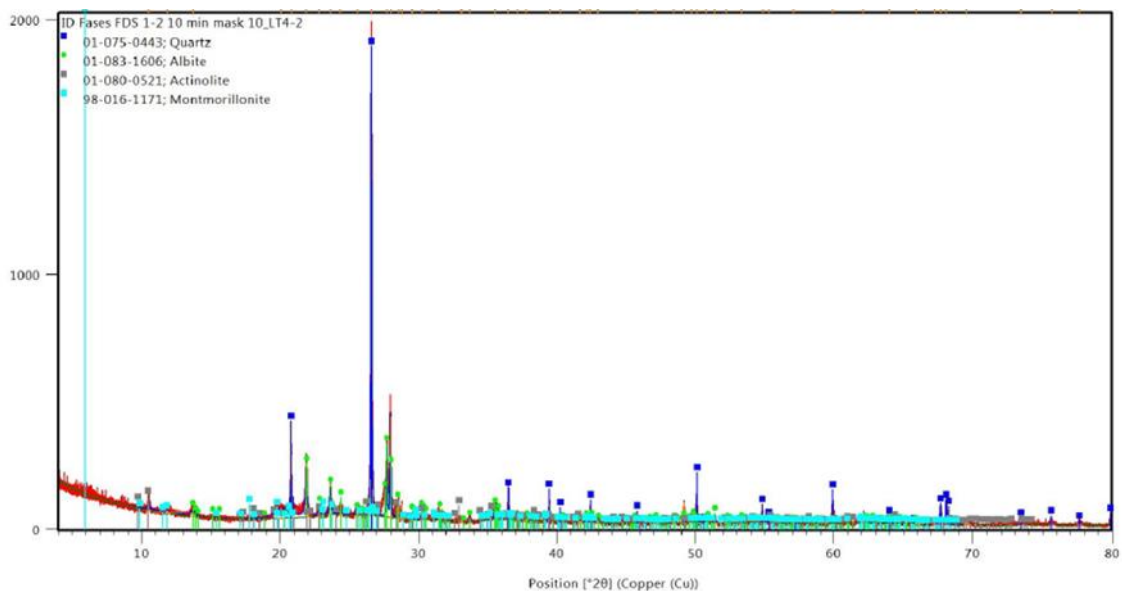


Figura 46. Difractograma de los resultados de la roca total del perfil La Joya 4

En el caso de la figura siguiente, se puede observar como el pico en 13 representa las arcillas esmetiticas, el cual se muestra tanto en muestras orientadas como glicoladas. En el caso de estas últimas al agregar el glicol se puede observar la estructura cristalina de las arcillas, cualquiera que sea; en este caso se observa el pico en 17 Å predominando arcillas expansivas de baja cristalinidad. . Esto se puede corroborar, puesto que En la línea verde correspondiente a la muestra calentada a 550°, las arcillas esmectiticas colapsan.

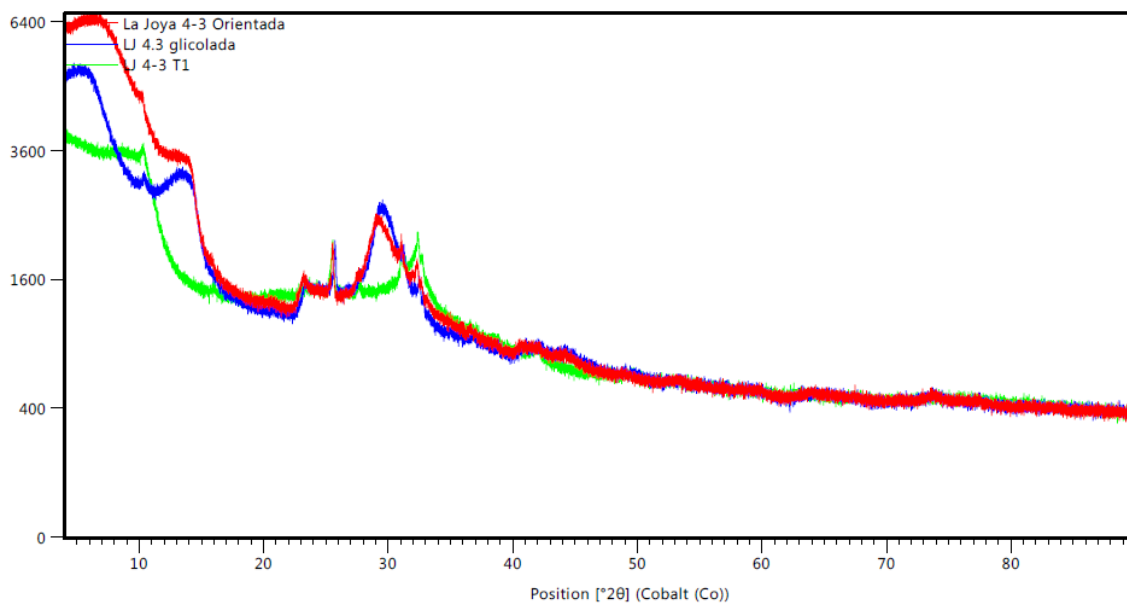


Figura 47. Difractograma muestra glicolada y orientada del relleno III del perfil La Joya 4

## 5.4.2. Propiedades micromorfológicas

### Relleno I

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares. Muy compacto
- POROSIDAD: 10% pocos tubulares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico
- EDAFORRASGOS: 1) óxidos de Fe, 2) Iluviación de arcilla

## **Relleno II**

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares. Muy compacto
- POROSIDAD: 5% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico
- EDAFORRASGOS: 1) óxidos de Fe, 2) Iluviación de arcilla, 3) Líneas de deformación.

## **Relleno III**

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares. Muy compacto
- POROSIDAD: 5% pocos tubulares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico
- EDAFORRASGOS: 1) óxidos de Fe, 2) Iluviación de arcilla, 3) slickensides

## **Horizonte AB**

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares. Compacto
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico, fragmentos rocosos
- EDAFORRASGOS: 1) óxidos de Fe, 2) slickensides

En horizonte AB se observaron líneas que en un principio se creyó se trataban de marcas de compactación o marcas tecnológicas; sin embargo en un trabajo experimental que lleva a cabo Panagiotis Karkanis en pisos y lo que llama “ladrillos de barro”, y que al parecer parecen ser huellas de deformación causadas por la compresión por el pisoteo y no tanto por la compresión y que las describe como alineaciones lineales de partículas o zonas de corte que atraviesan la fábrica del suelo y que al parecer el mecanismo que las provoca es el movimiento del agua en orientación paralela a la arcilla (Karkanis; 2018).

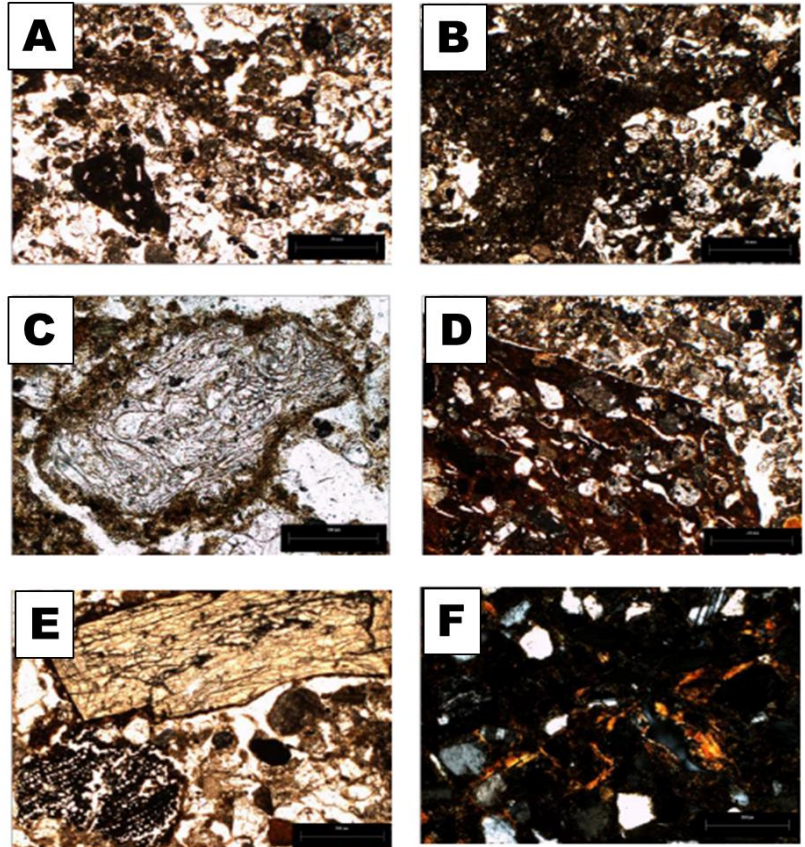


Figura 46. Perfil La Joya 4 con microfotografías de los rasgos característicos de cada horizonte (A y B) Huellas de deformación en Horizonte AB (LP); (C) Fragmento de vidrio volcánico fresco EN Relleno II (LP); (D) Fragmento de cerámica con componentes volcánicos y cambio de color por la cocción a la que fue sometida en Relleno I (LP); (E) Fragmento de hueso y carbón en horizonte AB (LP); (F) Partículas de arcilla alineada con birrefringencia en los poros en Relleno I (NX) (T.García)

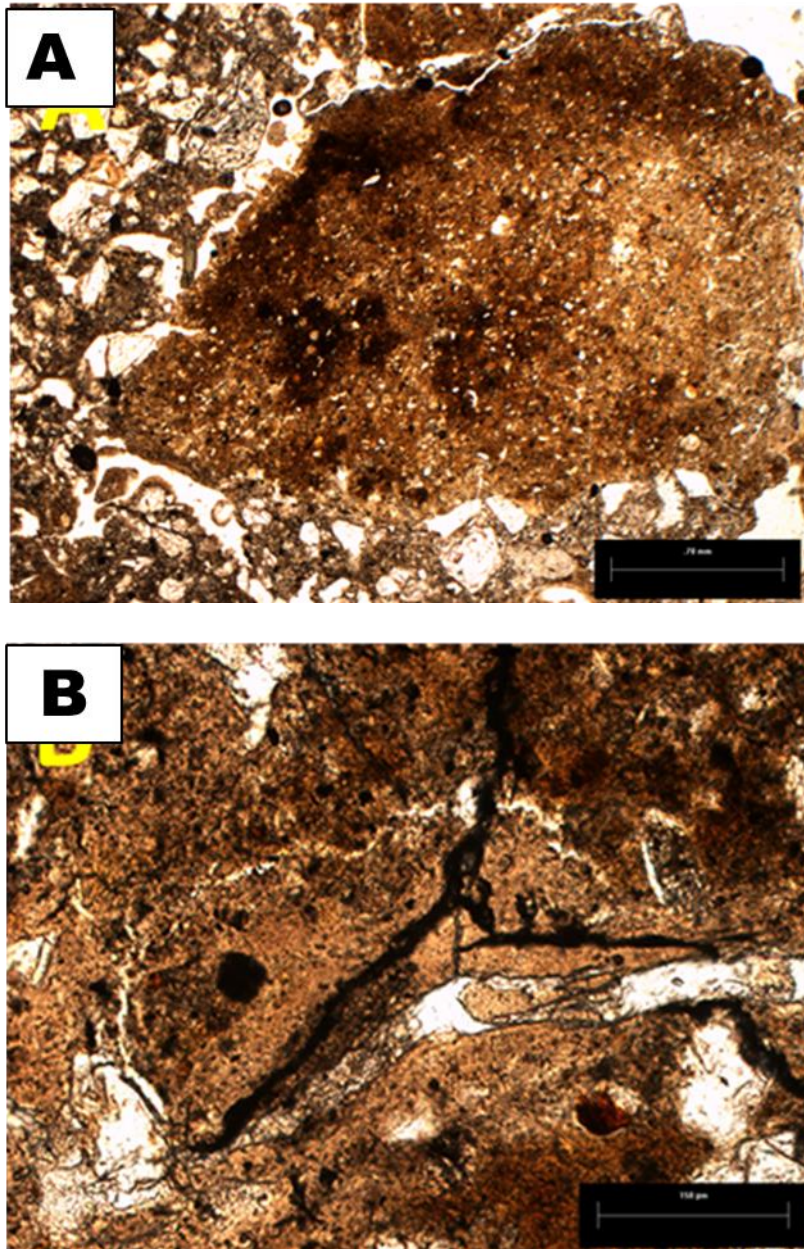


Figura 47. En este perfil (LJ4), en la parte superior del relleno III, se observaron varios cutanes de arcilla de iluviación (B) y agregados de suelo con estructura angular (A). (T. García).

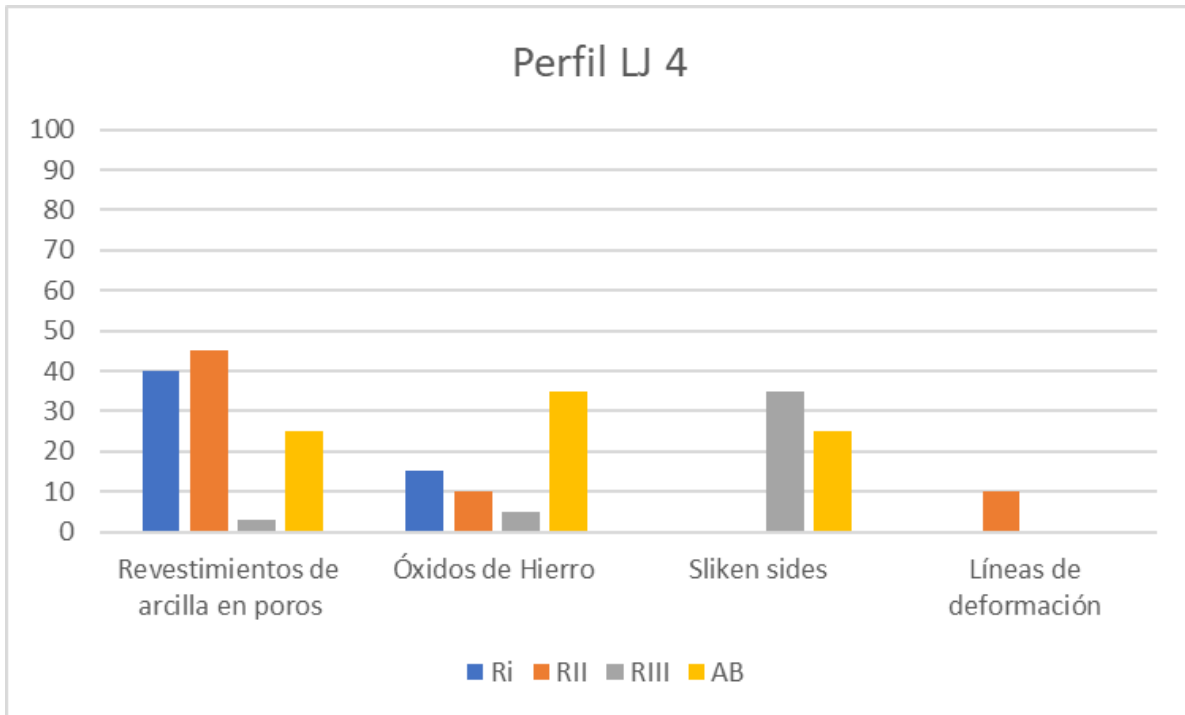


Figura 48. Gráfica de porcentajes de edaforrasgos del perfil LJ4.

## 5.5 Rellenos de Plataforma Norte

### 5.5.1 Propiedades físicas

#### 5.5.1.1. Granulometría (Textura)

En la granulometría de estas muestras se observa que el porcentaje de arena es mayor del 40% en casi todas las muestras. En el caso de las muestras R53 y R15 son iguales en cuanto a las proporciones.

La muestra R8bis tiene un alto contenido de arcillas, seguramente por el alto contenido de cutanes de arcilla observados en la lámina delgada..

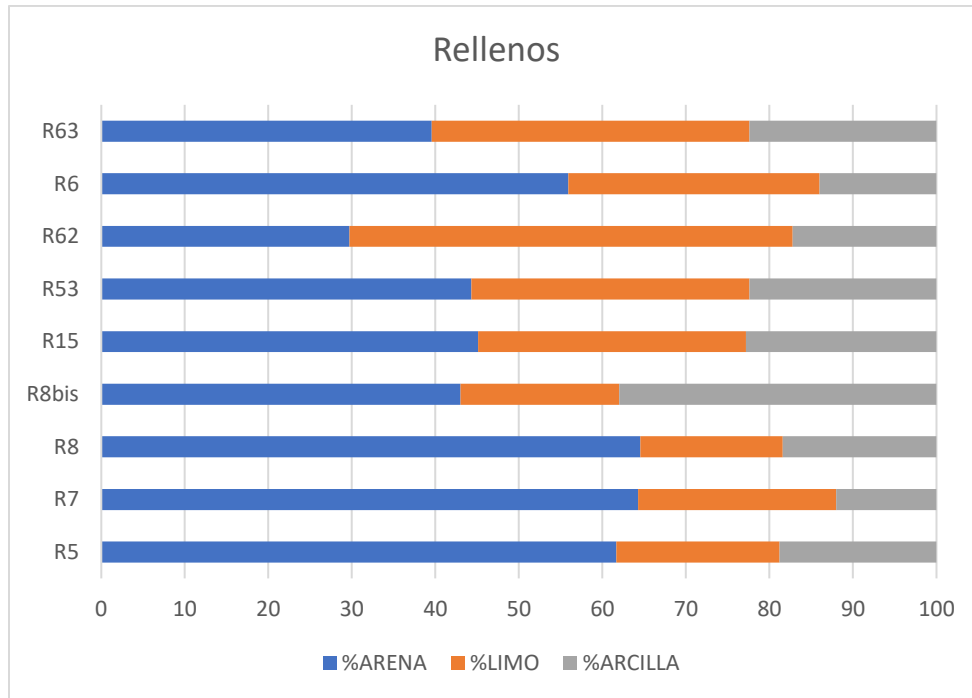


Figura 49. Granulometría de los rellenos de la Plataforma Norte.

## 5.5.2. Propiedades micromorfológicas

### Muestra 5

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares
- POROSIDAD: 25% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas, medias y gruesas
- EDAFORRASGOS: 1) Revestimientos de arcillas, 2) óxidos de Fe, 3) Iluviación de arcillas

### Muestra 7

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares
- POROSIDAD: 20% intersticiales

- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas, carbón
- EDAFORRASGOS: 1) Revestimientos de arcillas, 2) óxidos de Fe

### **Muestra 8**

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares
- POROSIDAD: 30% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas, carbón
- EDAFORRASGOS: 1) Revestimientos de arcillas

### **Muestra 8bis**

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares
- POROSIDAD: 15% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media y gruesa; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas
- EDAFORRASGOS: 1) Iluviación de arcillas, 2) Óxidos de Fe y Mn.

### **Muestra 15**

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares
- POROSIDAD: 15% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas y gruesas
- EDAFORRASGOS: 1) Iluviación de arcillas, 2) *Slikensides*

### **Muestra 53**

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares que tienden a angulares



- POROSIDAD: 15% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas, medias y gruesas; carbón
- EDAFORRASGOS: 1) Iluviación de arcillas, 2) *slikensides*

## **Muestra 62**

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares
- POROSIDAD: 30% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico
- MATERIA ORGÁNICA: Carbón
- EDAFORRASGOS: 1) Iluviación de arcillas

En este grupo de muestras, puede destacara nuevamente los cutanes de arcillas no se puede decir si se trata de cuatenes de formación in situ, pues como ya se explico en el apartade 4.3, estos agregados son fueron tomados con orientación., Se observaron algunos rasgos de oxidación muy asociados con saturación de agua.Eel contenido mineral es igual que las muestras de los perfiles con cuarzos y plagioclasas.

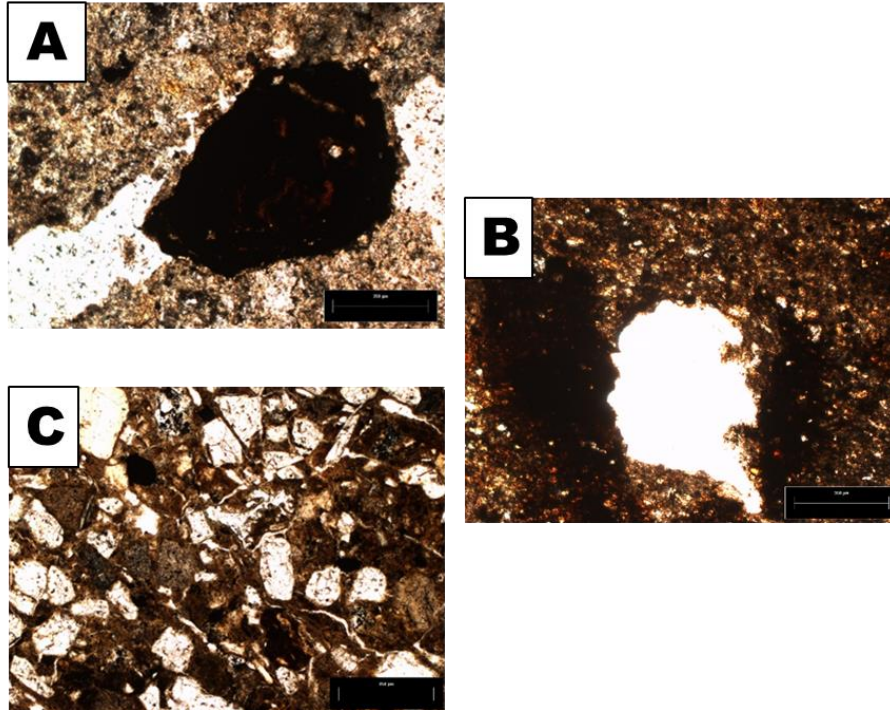


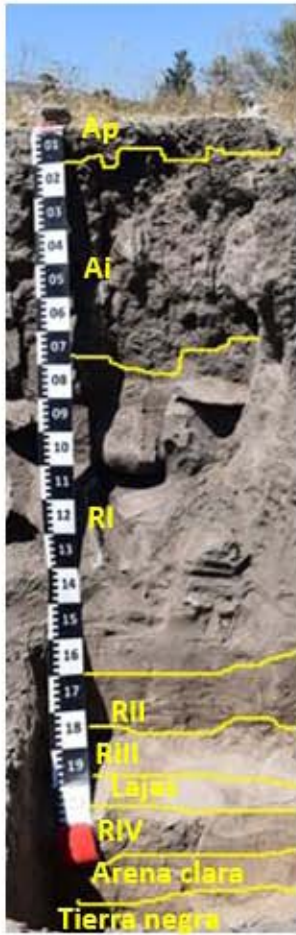
Figura 50. Microfotografías de las muestras de los rellenos de la Plataforma Norte. (A) Microfotografía de la muestra 8bis en la que se observa presencia de óxidos de Mg (LP); (B) Matriz compacta con óxidos de Fe de la muestra 7 (LP); (C) Cuarzos y plagioclasas presentes en la muestra 15. (T. García).

## 5.6 Tres Mezquites

### Perfil Plataforma Epiclásica

Este perfil se ubicó en el sitio PA1 “El cerrito de Tres Mezquites” (20°15’26”N 101°38’37”W) (Ver fig.17) y tuvo por objetivo general obtener datos para comprender su cronología de ocupación, y comprender la transición del Clásico al Epiclásico. Se trata de un relleno de la plataforma donde desplanta “El cerrito” a unos 50 metros al sur. Se identificaron nueve horizontes y es importante mencionar que el horizonte seis se trata de un acomodo de lajas de aproximadamente 5cm que probablemente se trataba de algún tipo de piso relacionado, quizá en época Clásica. El penúltimo horizonte se trata de arena clara amarillenta y finalmente el horizonte más profundo se trata de tierra negra con textura arenosa.

Algunos rasgos de iluviación como los cutanes de arcilla en las partes superiores del perfil, son difíciles de explicar pues el clima es semiárido y para un proceso tan acelerado de percolación de arcillas necesita más cantidad de agua. Por esta razón, estos rasgos se asocian a las prácticas de riego actuales, pues son campos de cultivo.



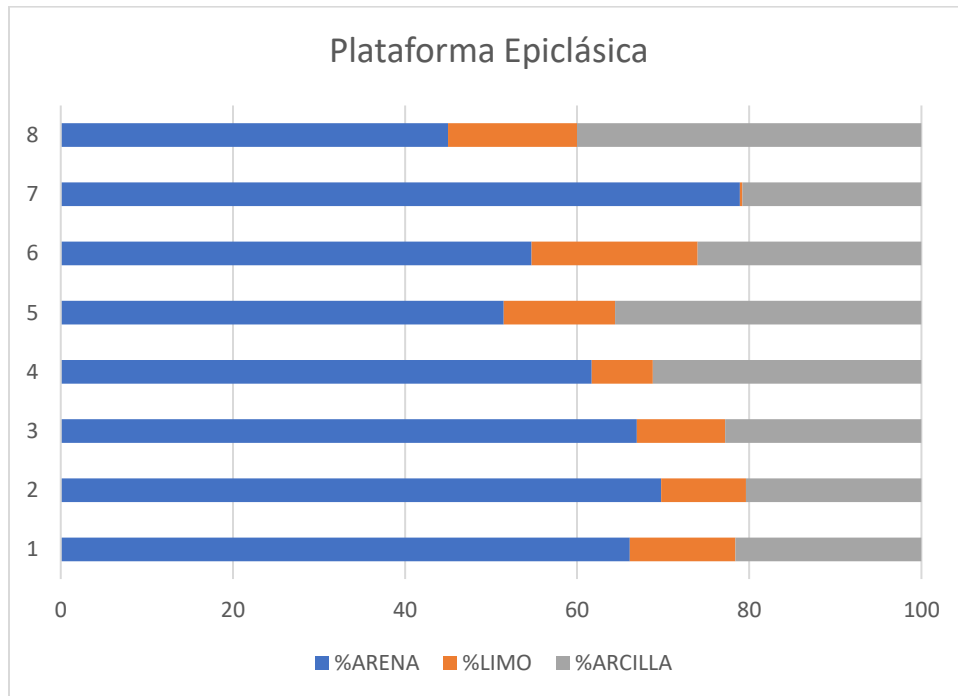
Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
Ap	0-10	Estructura en bloques subangulares con algunas partes redondeadas. Color café grisáceo. Textura limo-arenosa. Muchas raíces. Poros vesiculares. Limite difuso.
Ai	10-70	Estructura subangular a columnar. Color café grisáceo. Textura arenosa. Muy duro y compacto. Pocos poros vesiculares e intersticiales. Limite difuso.
Rellenc I	70-160	Estructura bloques subangulares. Color pardo. Textura arenosa. Mucha roca grande, difícil de remover. Algunas raíces. Poros intersticiales.
Rellenc II	160-175	Estructura bloques subangulares. Color pardo claro. Textura areno-limosa. Con mucho sedimento natural, se observan partes con laminaciones. Limite difuso.
Rellenc III	175-190	Estructura bloques subangulares pequeños. Color pardo claro. Textura areno-limosa. Compacto. Algunas raíces pequeñas y delgadas. Todavía se notan partes con laminación de sedimentos naturales.
Lajas	190-195	Bloques de andesita de 25x15x4cm que al parecer tenían un acomodo y que posiblemente se trata de un nivel de ocupación.
Rellenc IV	195-225	Estructura bloques subangulares. Color pardo claro. Textura limo-arcillosa. Muy suave. Limite abrupto.
Arena clara	225-235	Sin estructura. Color amarillento. Limite abrupto.
Tierra negra	235	Estructura bloques subangulares. Areno-arcilloso. Limite abrupto.

Figura 51. Descripción en campo del perfil Plataforma Epiclásica del sitio Tres Mezquites. No se encontró material arqueológico como cerámica o lítica.

## 5.6.1 Propiedades físicas

### 5.6.1.2. Granulometría (Textura)

En este perfil se observa un porcentaje de arena de más del 40%. Esto se puede relacionar con las laminaciones de sedimentos en la mayoría de los horizontes.



Fia 52. Porcentajes de arenas, limos y arcillas del perfil Plataforma Epiclásica

### 5.6.1.3. Difracción de Rayos X

En los resultados obtenidos en la Difracción, se observa el pico más alto en el tipo de arcilla de las esmectitas, lo cual tentativamente se esperaba, debido a las características vérticas observadas en campo.

Al igual que en las muestras provenientes de La Joya, se observó un pico en  $\approx 17\text{\AA}$ , indicando la presencia de arcillas esmectíticas. La línea verde, es la muestra calentada a  $550^\circ$ , corroboró que se trata de un predominio de arcillas expansibles.

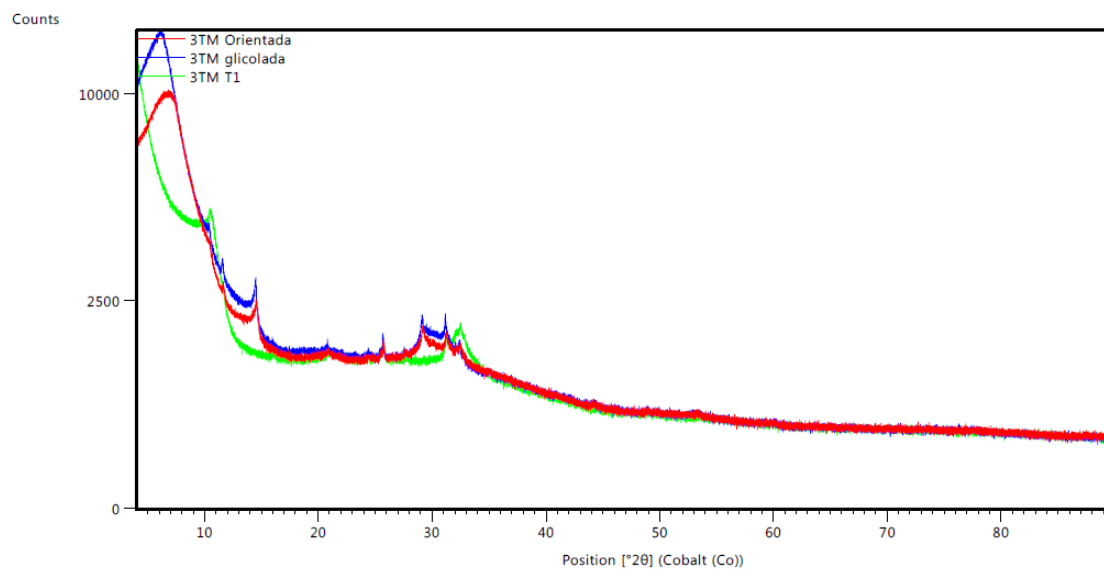


Figura 53. Difractograma de la muestra proveniente del relleno III del perfil Plataforma Epiclásica, orientada y glicolada.

### 5.6.2 Propiedades Micromorfológicas

#### Horizonte Ap

- **ESTRUCTURA:** Bloques granular que tienen a bloques subangular
- **POROSIDAD:** 15% intersticiales, tubulares
- **COMPONENTES GRUESOS:** Arena gruesa, media y fina; cuarzos, feldespatos, plagioclasas
- **MATERIA ORGÁNICA:** Raíces pequeñas y gruesas

- EDAFORRASGOS: 1) iluviación de arcilla

### **Horizonte Ai**

- ESTRUCTURA: Bloques sub angulares y en algunas partes es angular, Compacto
- POROSIDAD: 10% intersticiales, tubulares, cavidades
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media y fina, cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces
- EDAFORRASGOS: 1) iluviación de arcillas, 2) *slikensides*

### **Relleno I**

- ESTRUCTURA: Bloques angulares
- POROSIDAD: 10% intersticiales, tubulares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas
- EDAFORRASGOS: 1) óxidos de Fe; 2) Revestimientos de arcilla; 3) *Slikensides*

### **Relleno II**

- ESTRUCTURA: Laminaciones asociadas a flujos de agua
- POROSIDAD: 5% tubulares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas
- EDAFORRASGOS: 1) iluviación de arcillas

### **Relleno III**

- ESTRUCTURA: Bloques subangular y laminaciones
- POROSIDAD: 10% tubulares, intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas

- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas
- EDAFORRASGOS: 1) iluviación de arcillas

## **Lajas**

### **Relleno IV**

- ESTRUCTURA: laminaciones
- POROSIDAD: 5% tubulares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas
- EDAFORRASGOS: 1) iluviación de arcilla

### **Arena clara**

- ESTRUCTURA: laminaciones
- POROSIDAD: 5% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos
- EDAFORRASGOS: 1) iluviación de arcillas

### **Tierra negra**

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares y la parte baja de las láminas bloques angularres
- POROSIDAD: 10% tubulares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas,
- EDAFORRASGOS: 1) Slikensides, 2) Iluviación de arcilla

En el caso de este perfil, se pudieron observar componentes volcánicos como cuarzo y plagioclasas y en menos porcentaje feldespatos. En cuanto a los estratos se observaron diferentes tipos de relleno e incluso laminaciones de sedimentos muy parecidas a las laminaciones que se encontraron en el lado norte del montículo Tres



Cerritos y donde se propuso que quizá se deban a la erosión del mismo basamento hacia las partes bajas y se fue acumulando en forma de sedimento. Sin embargo, todavía falta investigación para saber si se trata de sedimentos fluviales del Río Lerma.

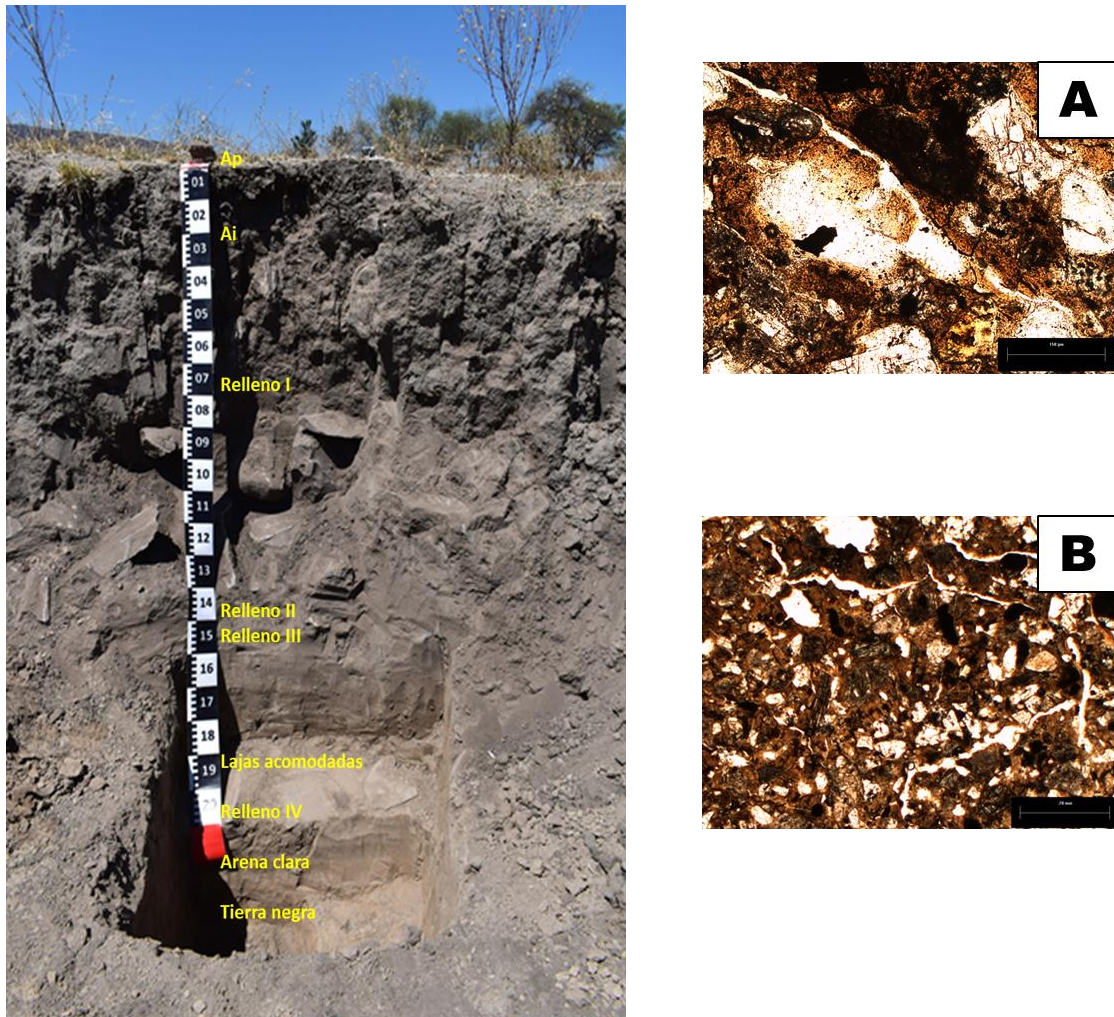


Figura 54. Perfil Plataforma Epiclásica con microfotografías de los rasgos característicos de cada horizonte. (A) características vérticas y arcilla entre los agregados del Relleno IV (LP); (B) Estructura subangular de la Tierra negra (LP) (T. García)

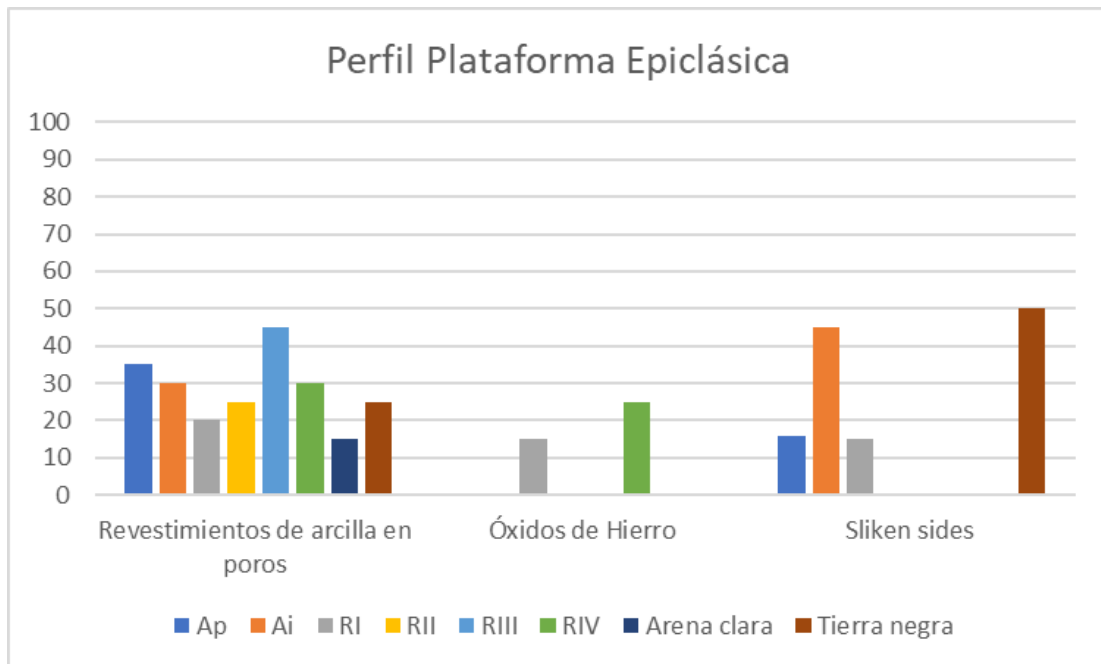


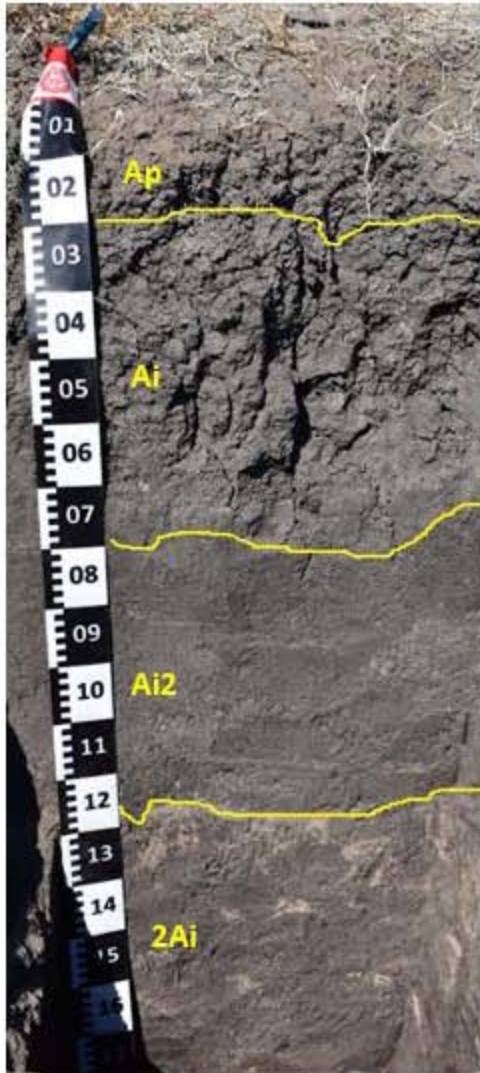
Figura 55. Gráfica de porcentajes de rasgos pedogenéticos en perfil Plataforma Epiclásica.

## 5.7 Perfil Plataforma 2

Este perfil se localiza a 25 metros al oeste del perfil Plataforma Epiclásica (20°15'26"N 101°38'38"W) (Ver fig. 17). En campo se identificaron cinco horizontes. Se observó cierta diferencia con el perfil anterior, a pesar de que los dos son parte de los rellenos de la plataforma.

En todos los horizontes se identificaron cutanes de iluviación; sin embargo, es importante analizar cómo siendo una zona con tan poca precipitación anual, el proceso de iluviación fue tan rápido. Posiblemente se trataba del uso para la agricultura.

También se encontraron cutanes de estrés, los cuales fueron más abundantes en el primer horizonte (Ap). En cuanto a los terrones, sí se observó la estructura típica de vertisoles, es decir bloques angulares y acuñados; sin embargo, en algunos casos se observan partes redondeadas en los agregados que pueden simular bloques subangulares.



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
Ap	0-20	Estructura en bloques subangulares. Color café grisáceo. Textura arenosa. Muchas raíces finas.
Ai	20-70	Estructura bloques subangulares y columnar. Color pardo oscuro. Textura limo-arcillosa. Positivo a la prueba de carbonatos. Raíces finas. Slikensides
Ai2	70-115	Estructura bloques subangulares. Color pardo oscuro. Textura limo-arcillosa. Positivo a la prueba de carbonatos (inclusiones). Raíces finas.
2Ai	115-190	Estructura bloques subangulares. Color gris oscuro. Textura arcillosa pero hay algunas intrusiones de arena clara. No reacciono a carbonatos. Algunas gravas rojas. Slikensides.

Figura 56. Descripción del perfil Plataforma Epiclásica 2 hecha en campo.

## 5.7.1 Propiedades físicas

### 5.7.1.1. Granulometría (Textura)

En cuanto a los resultados de la granulometría se observó que prevalece el contenido de la fracción limo y en la parte inferior del perfil el porcentaje de arenas aumento, lo cual se puede observar en campo con el alto contenido de intrusiones de arena café claro y que dieron negativo para la prueba de carbonatos.

Sin embargo, es de considerar que a diferencia del perfil Plataforma Epiclásica, este presentó una drástica disminución de la fracción arena.

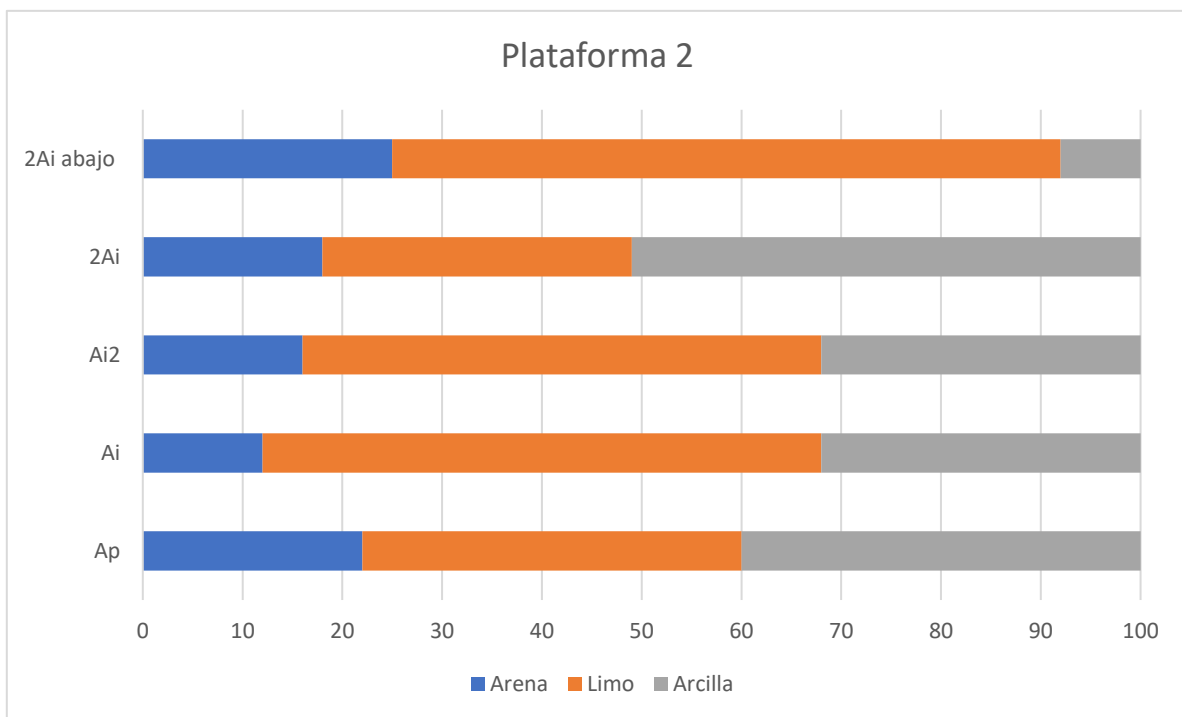


Figura 57. Granulometría del perfil Plataforma Epiclásica 2

## 5.7.2. Propiedades micromorfológicas

### Horizonte Ap

- ESTRUCTURA: Bloques granular que tienen a bloques subangular en la parte inferior de la lámina
- POROSIDAD: 25% intersticiales, tubulares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media y fina; cuarzos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas y medias
- EDAFORRASGOS: 1) iluviación de arcilla, 2) *slikensides*

### Horizonte Ai

- ESTRUCTURA: Bloques sub angulares, Compacto
- POROSIDAD: 10% intersticiales
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas, vidrio volcánico
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas
- EDAFORRASGOS: 1) iuviación de arcillas, 2) *slikensides*, 3) carbonatos de Ca

### Horizonte Ai2

- ESTRUCTURA: Bloques angulares
- POROSIDAD: 10% intersticiales, tubulares
- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas, piedritas de carbonatos
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas
- EDAFORRASGOS: 1) *slikensides*, 2) carbonatos, 3) iluviación de arcilla

### Horizonte 2Ai

- ESTRUCTURA: Bloques subangulares y algunos agregados con estructura granular
- POROSIDAD: 5% tubulares, intersticiales

- COMPONENTES GRUESOS: Arena media; cuarzos frescos, feldespatos, plagioclasas, gravas rojas pequeñas
- MATERIA ORGÁNICA: Raíces pequeñas, carbón
- EDAFORRASGOS: 1) *Slikensides*, 2) Iluviación de arcilla, 3) arenas pegadas a las paredes de los poros

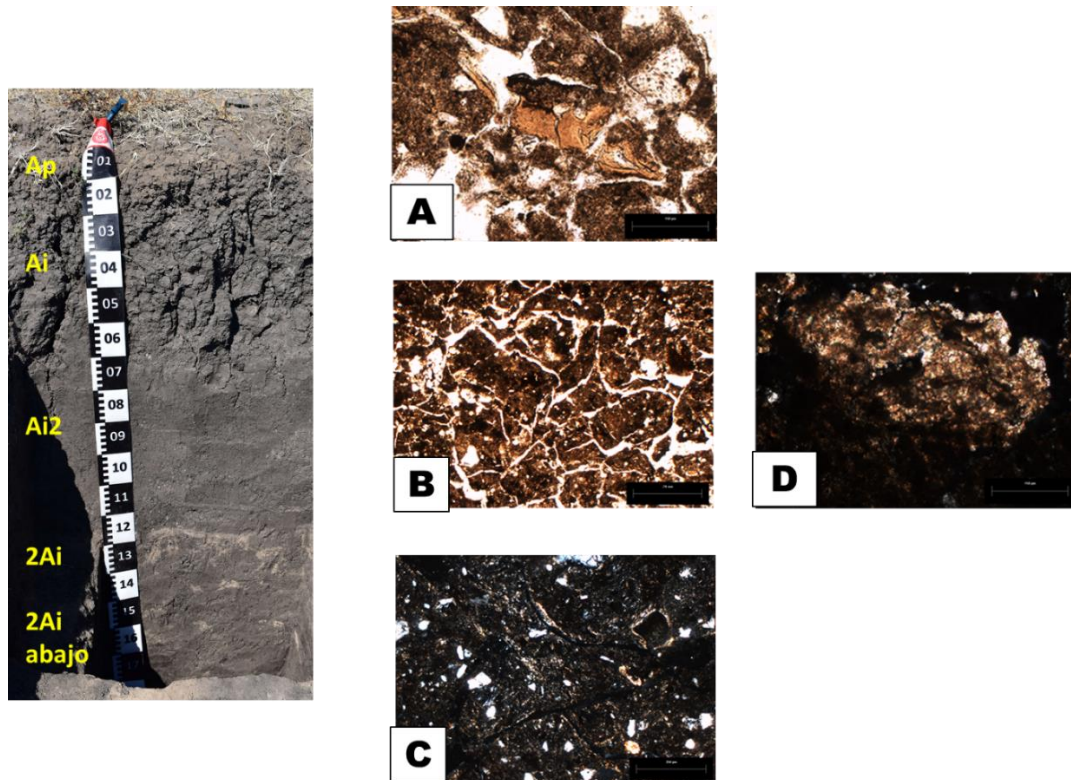


Figura 58. Perfil Plataforma 2 con microfotografías de los rasgos característicos de cada horizonte. (A) Cutan de arcilla en Horizonte 2Ai (LP); (B) Estructura en bloques subangulares y algunos redondeados que simulan estructura biogénica EN Horizonte Ai2. (C) Arcilla en pequeños cutanes de iluviación y cuarzos en Horizonte 2Ai (NX); (D) Carbonatos de calcio neoformados en Horizonte Ai (T. García)

Los rasgos pedogenéticos en este perfil sugieren un suelo natural del tipo vertisol, debido a las características como los *slikensides* y estructura angular o acuña predominante en los horizontes superiores. Se notaron dos tipos de suelo uno con los horizontes Ap, Ai y Ai2, y posteriormente otro desarrollo de suelo

un horizonte 2Ai que, aunque presentaba características vérticas la estructura era de angular a subangular. Posteriormente un horizonte 2Ai que tenía presencia de arena en los poros y algunas concreciones de carbonatos de Calcio asociadas problemas de desecación del sitio producto del tipo de clima,

Sin embargo, este rasgo de CaCO<sub>3</sub> no se encontró en el perfil Plataforma Epiclásica. La arena sí, pero que se cree forma parte del material parental en el que se desarrolló el suelo.

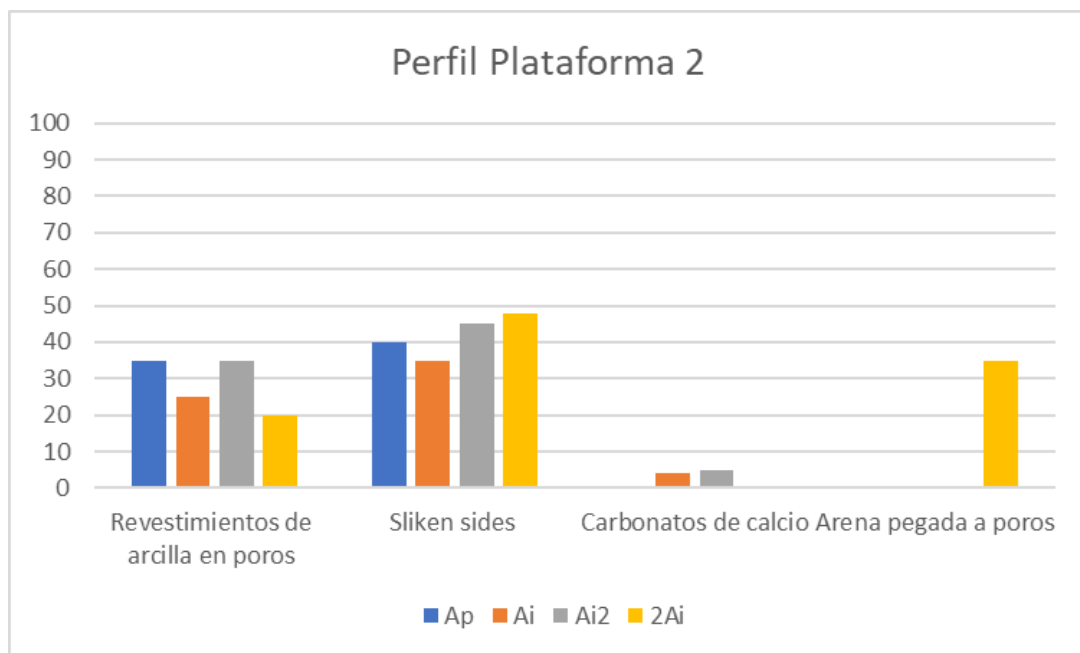


Figura 59. Gráfica de porcentajes de rasgos pedogenéticos perfil Plataforma 2.

## 5.8. Propiedades físicas de las muestras de la unidad UT22 Y UT23 de Tres Mezquites

### 5.8.1 Granulometría (Textura)

En estas muestras el porcentaje (%) de arenas es mayor al 40%, a excepción del horizonte 14 (UE66) en el que notablemente se observó un 89% de arcilla

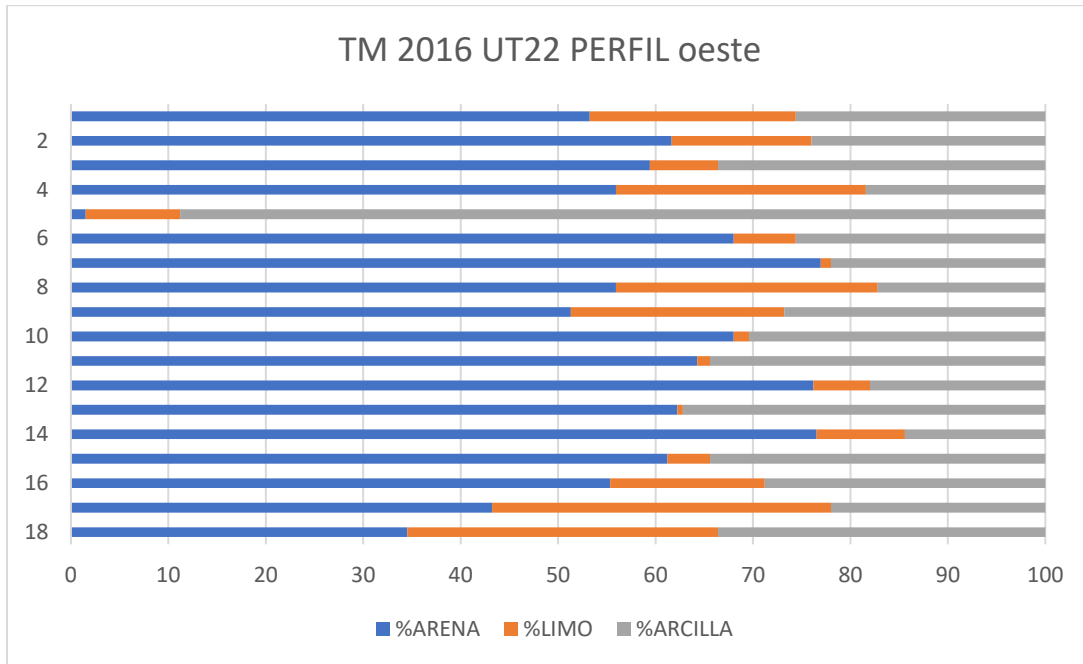


Figura 60. Granulometría de las muestras del perfil oeste de Tres Mezquites

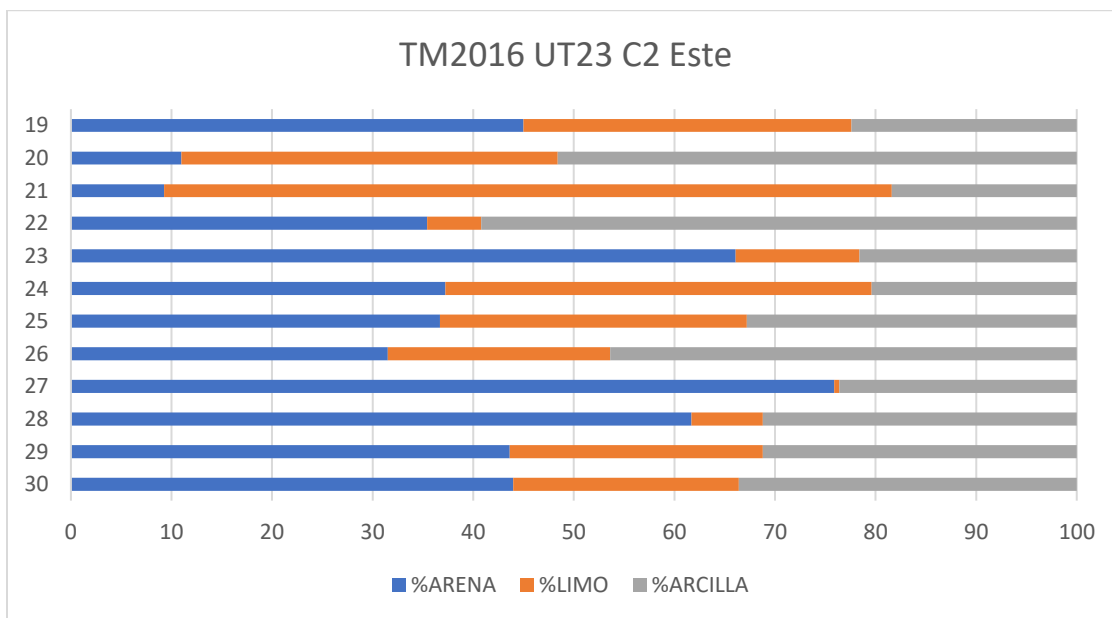


Figura 61. Granulometría del perfil este en Tres Mezquites



Estas muestras están ordenadas de estratos superiores a estratos inferiores. A pesar de que corresponden al mismo pozo de excavación, se separaron en dos gráficas pues no fueron tomadas en la misma pared. Además, la especificación que tienen acerca de las profundidades no se aprecia bien en la información de las etiquetas y faltan muchos números. A pesar de esa falta de información es que este pozo, se encuentra al pie del montículo Tres Cerritos, lo cual es importante para comparar con rellenos de la plataforma.

En particular las texturas son areno limosas, pero destaca la muestra cinco, donde la proporción de arcilla es más del 90%. Según los reportes y descripción de las arqueólogas (fig.22). Este estrato corresponde a un estrato limo-arcilloso y donde destacan de encuentra material arqueológico. En este sentido, se necesitarían más análisis sobre todo en las muestras orientadas para conocer más de los rasgos pedognéticos presentes, así como el tipo de arcilla.

### **5.8.2. Difractograma de comparación La Joya y Tres Mezquites**

Se decidió hacer una comparación entre algunos de los horizontes de ambos sitios, ya que en ambos fue raro encontrar el mismo tipo de arcilla esmectítica, sobre todo porque son regiones en las que actualmente las condiciones climáticas son diferentes.

Como se puede observar en los difractogramas (orientadas y glicoladas), todas las muestras tienen el pico más alto en  $17\text{\AA}$  correspondiente a la Mica Ilita; sin embargo era importante procesar las muestras con glicol, para saber si se trataba de arcillas esmectíticas, las cuales son arcillas 2:1 con una alta superficie específica y alta capacidad de expansión y contracción.

En la figura 63, las muestras son glicoladas y el pico está en  $17\text{\AA}$  y siguen identificadas las muestras con arcillas expansivas. Es notable señalar que en todas las muestras se observa, aunque poco dominante minerales del caolín que tiene su pico en  $7.2\text{\AA}$ . Por esta razón es que sería importante realizar análisis y observar el decaimiento a mayores temperaturas.

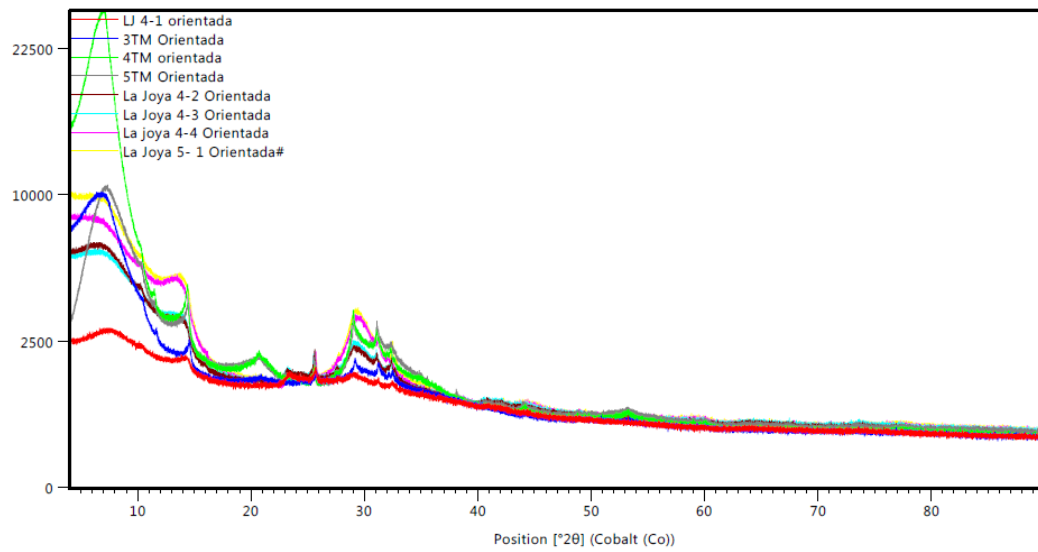


Figura 62. Difractograma donde se muestra la similitud en la composición de muestras orientadas de ambos sitios.

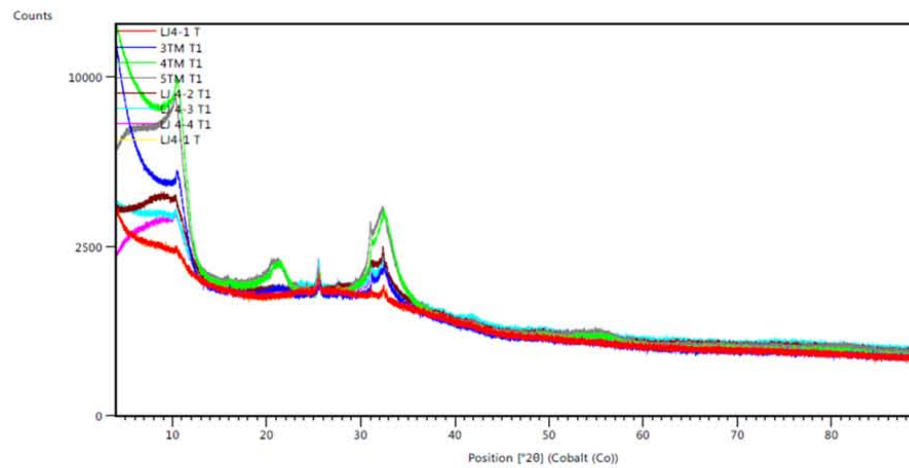
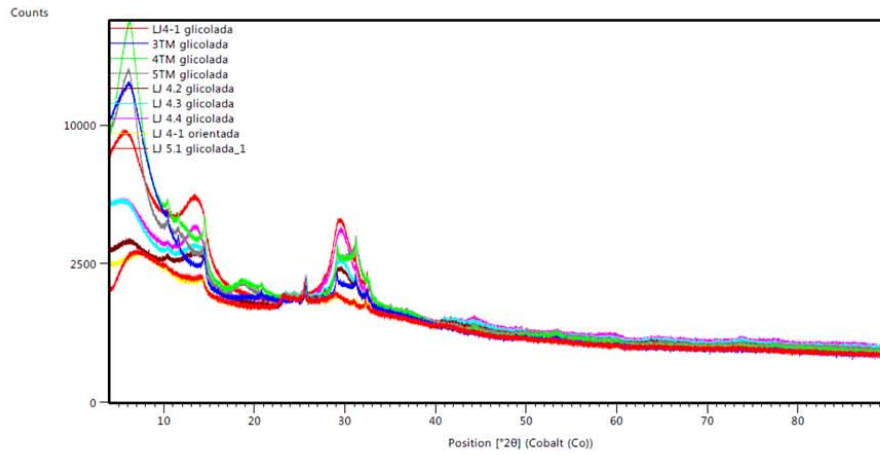


Figura 63. Difractogramas donde se muestra la similitud en composición de muestras glicoladas y en T1 de ambos sitios

## **Capítulo 6**

### **Discusión**

Como ya se mencionó, cuando hay estudios en este tipo de monumentos de arquitectura de tierra, se basan en estudios tecnológicos como la manufactura de adobes y bajareques para su construcción, por lo que los resultados y datos obtenidos en rellenos constructivos permitieron observar ciertas características y, de alguna manera homologarlos con el concepto de memoria edáfica.

Con los análisis que se hicieron en ambos sitios arqueológicos, en gran medida se pudieron cumplir los objetivos particulares planteados en principio como la caracterización de los suelos naturales y que probablemente se utilizaron como materia prima, obteniendo el origen de los rellenos que estudiamos. De igual manera se identificaron ciertos procesos pedogenéticos, al menos en los suelos naturales y que se pudieron reflejar en los rellenos; sin embargo, no se identificaron rasgos *in situ*.

#### **Perfiles La Joya**

##### **La Joya 1**

De acuerdo a las características observadas en los análisis que se hicieron a las muestras, el primer aspecto que se debe discutir, es que en el perfil La Joya 1, hay un proceso de formación de suelo *in situ*, Asimismo, hay varios indicadores que muestran que existieron varios procesos pedogenéticos que permiten considerar que dicho paleosuelo se formó en diferentes intervalos bajo distintas condiciones ambientales.

La primera 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, esto por datos asociados a los tipos cerámicos encontrados en el sitio en las diferentes temporadas de campo de la Dra. Annick Daneels, lo cual sugiere que dicho horizonte podría haber sido superficie por largos periodos (Daneels; 2006, 2012, 2015, 2016)

La segunda fase es la identificación de rasgos vérticos, donde se observó una estructura bien desarrollada en bloques subangulares. Además, en la difracción de rayos X, el tipo de arcillas predominante es 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 y no tan tropicales como las condiciones actuales, ya que si hubiera habido climas más húmedos tendríamos evidencia de óxidos de hierro y manganeso, producto de la cantidad de agua.

La tercera fase son los procesos de iluviación constatado por los revestimientos de arcilla en los poros y que, en los resultados de textura, en los horizontes AB y ABt el porcentaje de esta fracción mineral es alto, en comparación con los otros horizontes de este perfil. Se observaron también cutanes de arcilla, que no estaban relleno de poros, es decir que no están orientados, aunque el porcentaje de dichos cutanes es de aproximadamente 40%<sup>2</sup> se sugiere que quizá los bloques de suelo fueron removidos de un lugar a otro por conveniencia de los pobladores para ocuparlos en los rellenos de las estructuras. arqueológico para asegurar que este pudiera ser el motivo de la remoción de suelos.

#### **La Joya 4**

En el caso del perfil 4, que son los rellenos dentro de la Plataforma Norte, se destaca la presencia de materiales orgánicos, identificados en las láminas delgadas, como huesos, lo cual indica un horizonte A retrabajado para utilizarlo como material. Además, una estructura de bloques subangulares y un color oscuro típico de un horizonte orgánico.

El siguiente aspecto observado en el relleno IIII es la presencia de materiales de iluviación: revestimientos de arcilla en poros y la presencia de revestimientos fracturados, los cuales también indican la posible remoción del suelo para su posterior utilización como material de construcción.

---

<sup>2</sup> Este porcentaje se obtuvo al hacer un retícula en la lámina delgada, posteriormente se contaron y se calculo el % aproximado según el total de los rasgos.

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.

Se observaron partículas del tamaño arena, 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.

Este material fue utilizado como material constructivo, sin embargo, a diferencia de la preparación del suelo para ser transformado en materia prima como en el caso de los adobes o repellos (Daneels; 2018; Ávalos; 2019), en el caso de los rellenos analizados en esta investigación, no se diferencia la selección de las partículas.

En ese sentido, y de acuerdo a los rasgos observados en la textura y la micromorfología, se propone una "inversión de perfil", es decir, los edaforrasgos más profundos del perfil LJ4, son característicos de horizontes A que son típicamente superficie (horizonte A del perfil LJ1). Al igual que los rasgos de iluviación observados en horizontes B (LJ1) y en relleno III del perfil 4.

En un trabajo anterior que se hizo en el sitio de La Joya, en lo que es denominado como el aljibe (Daneels, Díaz; informe técnico), se obtuvieron características gleycas, es decir, ese suelo estuvo expuesto a momentos de inundaciones. Uno de los rasgos es el color grisáceo o azulado, el cual fue dominante en los perfiles del aljibe y que también se observó en menor medida en el relleno I del perfil LJ4. Sin embargo, las temporalidades de la Plataforma y del aljibe no corresponde por lo que no hay manera de que haya sido la última fase de los rellenos, como se pensó en principio. Ya que el suelo fue traído para agregarlo a los rellenos, y el único lugar donde se encontraron estas características fue el perfil dos, pues quizá se trató de un pequeño aljibe o estancamiento de agua en ciertos momentos y que los pobladores no drenaban,

En las primeras propuestas acerca de estos resultados, e incluso el modelo de "estratigrafía inversa" suponía que, al hacer el aljibe, esa tierra se ocupaba como relleno para las estructuras, específicamente en la Plataforma Norte, sin embargo,

en la revisión bibliográfica, dicho edificio no corresponde temporalmente con la construcción del reservorio por lo que las características gleyicas en el perfil LJ4, corresponde a otro punto de extracción.

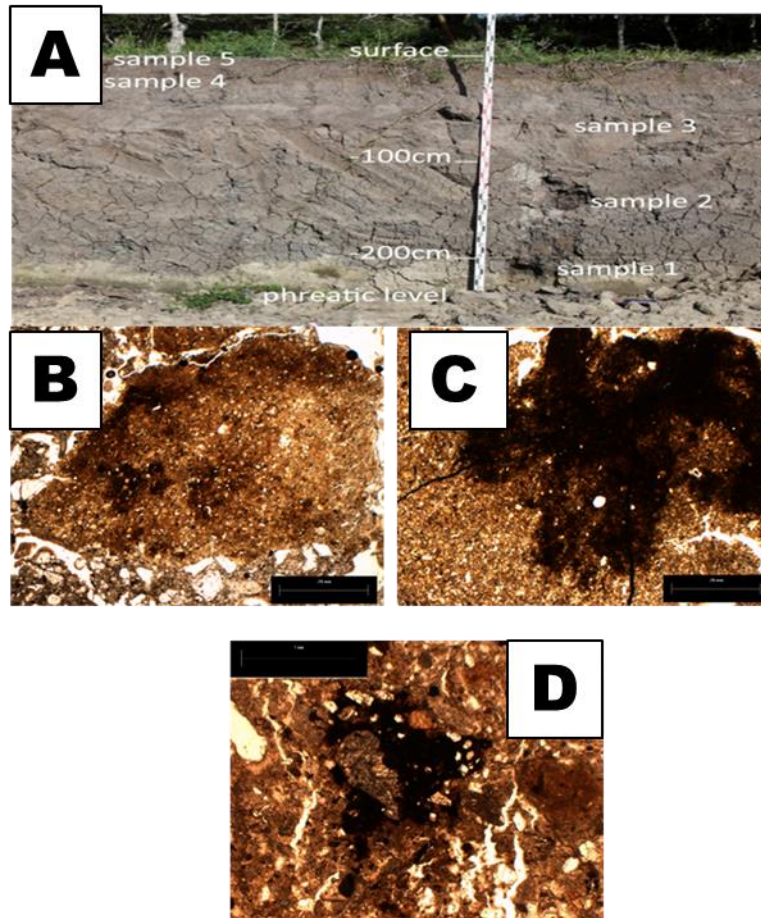


Figura 64. (A) Perfil del aljibe este (muestra 5); (B) Agregados con características gleyicas (luz polarizada) observadas en el perfil La Joya 4 (relleno III) (C y D) Presencia de óxidos de hierro y material (relleno III) (Daneels y Díaz; 2018)

A continuación, se muestra un perfil compuesto de los horizontes de los perfiles 1 y 4. Esto solamente para poder identificar cuáles son las principales etapas del proceso edafogenético de los paleosuelos e identificar en cuáles horizontes se encuentran los diferentes rasgos pedogenéticos mencionados en los resultados micromorfológicos. Cabe mencionar que al utilizar el término “estratigrafía inversa”, solamente quiero resaltar la relación de que el horizonte A

que fue superficie del perfil LJ1, está sepultado por los rellenos posteriores para la construcción de la pirámide.

En el caso de las muestras de los rellenos de la Plataforma Norte, se puede mencionar que en cuanto a los componentes minerales predominantes son iguales que los que se encontraron en los cuatro perfiles descritos. Los rasgos pedogénéticos también son similares en cuanto a estructura y la abundancia de cutanes de iluviación.

Sin embargo, como se mencionó en el punto 4.3 muestreo, los análisis que se hicieron fueron a pequeños terrones dentro de las bolsas que ya estaban previamente recolectadas por el equipo de arqueólogos del sitio de La Joya. Por esta razón es que las muestras no tienen el procedimiento de recolección que comúnmente se lleva a cabo, ni la denominación de horizontes es la precisa, puesto que se trató de horizontes de formación de suelo, si no de rellenos constructivos como se tiene en la de los cuatro perfiles descritos en nuestra salida a campo.

En el caso de la Difracción de Rayos x, fue interesante observar que a pesar de que el predominio de arcillas del tipo esmectítico para los cuatro perfiles de este sitio, en análisis que recientemente se llevaron a cabo por de la investigadora María Patricia Girón, perteneciente al Instituto de Geología de la UNAM, la arcilla predominante es la haloisita, el cual no presenta las características de expansión-contracción. Sin embargo, estos análisis aún se están trabajando y no hay publicaciones al respecto, pero es de suma importancia hacer comparaciones una vez que se tengan más resultados, pues se podrá obtener más información principalmente para la preservación de los basamentos y plataformas.



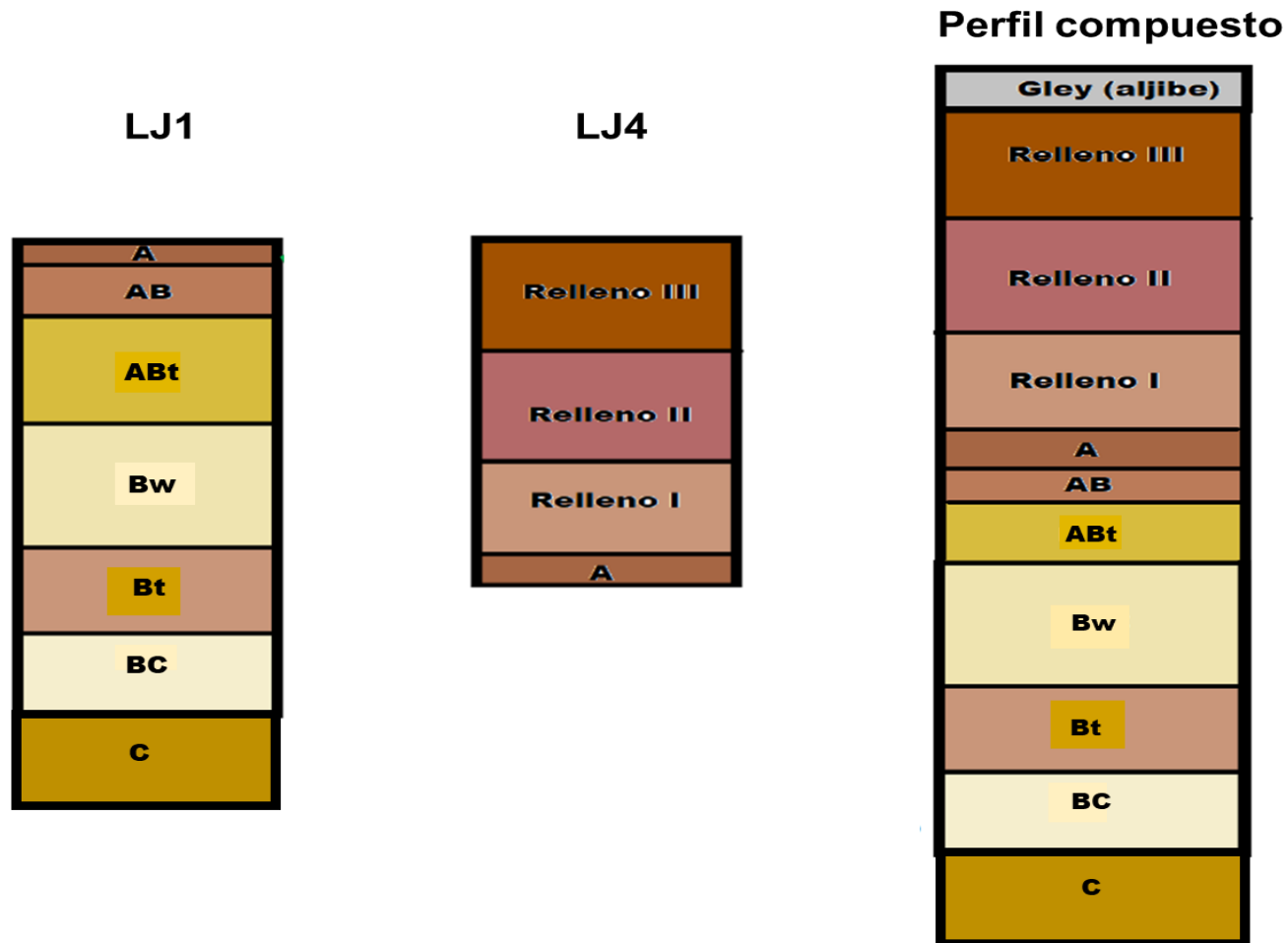


Figura 65. De lado izquierdo, el perfil La Joya 1; en medio esta el perfil LJ4, en el cual se nota la “estratigrafía inversa”, por lo que presumimos se trata del posible yacimiento. En el lado derecho se muestra un perfil compuesto con los dos perfiles y en la parte superior lo que suponemos es la tierra del aljibe, la cual se cree se utilizó una vez que el yacimiento se acabó o simplemente ya no quisieron utilizarlo.

Cabe mencionar que no se descarta la posibilidad de que se trate de suelos con características vérticas, puesto que como reportan Sánchez (2015) y Rivera (2009), para suelos “negros” identificados en el área de Teotihuacan, la arcilla predominante es la haloisita, la cual es producto del intemperismo de la ceniza volcánica identificada en el lugar y gran desarrollo de pedogénesis a lo largo del tiempo, aun así, son suelos que tienen alto grado de contracción, esto comprobado por la presencia de *slikensides* que presentan varios horizontes. Por ejemplo, dentro del sitio los estadios de periodos cortos de humedad o de sequía de ciertas superficies eran provocados por los pobladores para diferentes actividades como el manejo del agua, según fueran sus necesidades (Daneels; 2002, 2012).

Los resultados sobre la susceptibilidad magnética en suelos se basan en las diferencias del comportamiento específico de los compuestos de hierro que controlan el orden magnético del suelo y a través de estas diferencias se pueden utilizar como marcadores de procesos en el suelo. El principal objetivo de hacer estos análisis en las muestras era saber si hubo fuego en los suelos; sin embargo, los resultados no fueron los esperados puesto que, los valores en prácticamente todos los horizontes era de cero, lo cual indicaba que ese suelo no había sido sometido al fuego.

### **Perfiles Tres Mezquites**

En el caso de los perfiles de Tres Mezquites, se destacan por tener rasgos completamente vérticos, en menor medida en el perfil Plataforma Epiclásica. En el caso del perfil Plataforma 2, los rasgos nos muestran un desarrollo de suelo “relativamente” rápido.

La zona geográfica donde se encuentra el sitio de Tres Mezquites es de clima semiárido por lo que la cantidad de cutanes de iluviación, no sería un rasgo que se esperaría encontrar puesto que dicho proceso necesita más cantidad de agua. Pero la cantidad de estos cutanes, al menos en horizontes superiores es alta, por lo que se pudiera pensar que estuvieran relacionados con las actividades de riego actuales pudieron incrementar la percolación de arcillas hacia la parte profunda del perfil.

Sin embargo, es importante mencionar que, en este perfil, identificamos dos momentos de formación de suelo, (ver descripción perfil Plataforma 2) y aunque se trate del mismo tipo de suelo, sí tuvo que haber un manejo diferente en los dos diferentes momentos. Estos, se pueden asociar a la época en la que se construyó la plataforma y el montículo de Tres Cerritos. El alto contenido de arenas y laminaciones, pudiera estar asociado con la erosión del material proveniente del montículo hacia las partes bajas. Esto, aunque aún se tiene que verificar, se pensó ya que del otro lado del montículo también se encontraron laminaciones similares en las excavaciones que se llevaron a cabo en este año (2019) en lo que se propone se trataba de una casa colonial<sup>3</sup>.

En las primeras descripciones de campo, se sugirieron dos posibles razones: la primera, y antes mencionada, la erosión del material del montículo Tres Cerritos, ya que está a dos o tres metros de diferencia de altura y que, por varios años, en la cima de dicha estructura había una casa habitación. Además, por comunicación con los arqueólogos, el señor que habitaba ahí, regaba sus cultivos desde la parte superior. La segunda propuesta, es que, el sitio se ubica en la planicie aluvial

---

<sup>3</sup> Cabe aclarar que se esperan más datos en el informe de campo que aún está en proceso de elaboración por los arqueólogos.

del río Lerma y los arqueólogos sugirieron que quizá hubo inundaciones o que el cauce del río puso cambiar. Cabe destacar que esto fue lo que impulsó a hacer más investigaciones y se recolectaron muestras para estudiar esta posible causa de las laminaciones que aún están en proceso por otra estudiante de maestría.

En cuanto a las muestras de la unidad UT22, la textura nos ayudó a identificar algunas capas con alto contenido de arenas que posiblemente se tratan de sedimentos provenientes del montículo Tres Cerritos. En el caso del horizonte 14, (UE66) cuyo porcentaje de arcilla es de más de 95%. Este sedimento se identificó en el medio de un horizonte de color negro, que correlacionamos con la tierra negra de los perfiles Plataforma Epiclásica y Plataforma Epiclásica 2. Sin embargo, uno de los inconvenientes que se tuvieron es que no pudimos hacer las descripciones en campo pues los trabajos arqueológicos se llevaron a cabo un año antes de que se comenzará a trabajar con el grupo de paleosuelos, por lo tanto, lo único con lo que se cuenta son las fotografías y descripciones tomadas por los arqueólogos. Con análisis micro morfológicos se podría corroborar si de verdad se tratan de niveles de ocupación, como mencionan los arqueólogos o qué es lo que pudiera estar pasando.

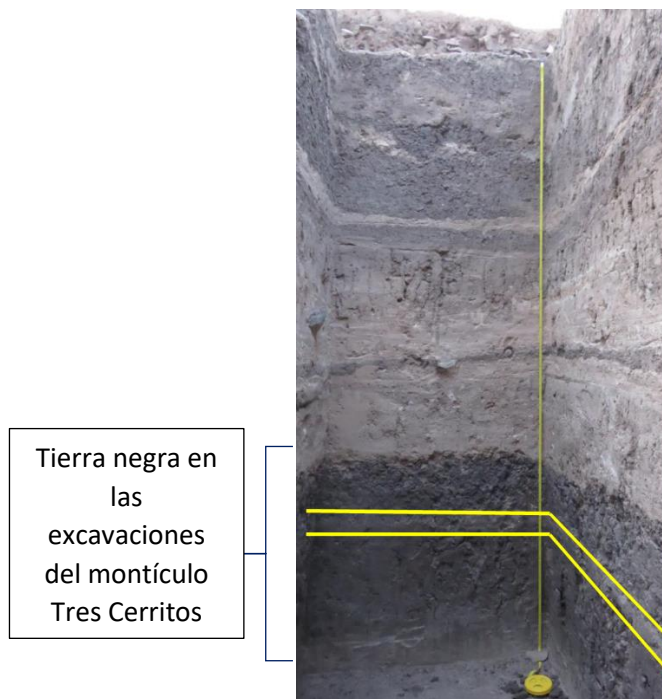


Figura 66. En la imagen se observa el perfil de la UT22, y se observa el horizonte 14 que tiene un gran porcentaje de arcilla, inmerso dentro de la tierra negra que correlacionamos con el paleosuelo descrito en el perfil Plataforma Epiclásica 2.

Al igual que en las muestras de la Joya, los análisis de susceptibilidad magnética tampoco sugieren que el sitio estuvo sometido al fuego ni en el pasado ni actualmente a pesar de que esos campos son sembrados y por comunicación con los pobladores por lo menos una vez al año, se lleva a cabo el proceso de quema y roza.

### **Comparación entre ambos sitios**

En los perfiles de ambos sitios se identificaron principalmente dos procesos pedogenéticos: rasgos vérticos (*sliken sides* y estructura angular) y procesos de iluviación de arcilla: este último caracterizado por revestimientos de arcilla de formación *in situ* y cutanes sin orientación, es decir que fue removido del lugar donde se formó. En este caso se consideró como un rasgo antrópico, puesto que corresponde a la elección del material para los rellenos constructivos.

Sin embargo, en los perfiles pertenecientes a los rellenos de las estructuras solamente se observaron los rasgos característicos de los paleosuelos utilizados pero no rasgos formados *in situ* que favorecieran a la pedogénesis de un suelo nuevo. Esto también vinculado con la compactación de los rellenos y de la porosidad. Es por eso que se debería de poner más atención en estudios de este tipo y estudios de percolación del agua para conocer el motivo por el cual no hay pedogénesis y tal vez conocer el por qué de que las estructuras sigan en pie a pesar del clima de Veracruz actualmente.

Tampoco se encontraron rasgos tecnológicos dentro de los rellenos, pues el material utilizado no requería ningún tipo de preparación de la materia prima y en la observación de las láminas tampoco se observó ninguno, más que algunas marcas de deformación ocasionadas por ejemplo por el paso de la gente. Cabe mencionar que no por no encontrar estos rasgos aquí, aseguremos que en ningún sitio los rellenos tenían preparación.

Actualmente, las condiciones ambientales de Veracruz y de Michoacán son muy distintas. En ese sentido, las características de los procesos pedogénéticos que se esperaban encontrar en los suelos muestreados deberían de ser totalmente diferentes. Sin embargo, uno de los aspectos que llamó la atención fueron las características vérticas identificadas en los perfiles de La Joya, porque dichos rasgos son indicadores de climas más secos o estacionales muy marcados y no de climas tropicales, en los que la cantidad de precipitación anual es más que en climas semiáridos como en Michoacán.

Esto ocasionó que surgiera la idea de que el clima o las condiciones ambientales en ambas regiones tuvo que ser igual.

Al hacer una revisión bibliográfica, por ciertos sitios arqueológicos que tuvieron importancia durante el Clásico y que pertenecían a la región conocida como Mesoamérica, se constató que en los estudios micromorfológicos, tenían cierta tendencia a los rasgos vérticos también. Tal es el caso de los estudios llevados a cabo en la región del Usumacinta (Solís; 2015) en los que se describen los perfiles de Tierra Blanca (periodo Formativo), y más específicamente el Vicente Guerrero y

El Pochote (Clásico y Posclásico) con estructuras en bloques subangulares y rasgos vérticos.

De igual manera en el centro de México, específicamente en Teotihuacan se hicieron estudios como el del Dr. Serafín Sánchez (2015), con el perfil de San Pablo, el cual, en su fase secundaria, como el autor lo refiere, hay presencia de rasgos vérticos, por lo que propone que esos suelos son suelos del tipo vertisol. Aunque su arcilla predominante es la haloisita, como se mencionó anteriormente.

También existen trabajos para la zona de Tlaxcala como refieren autores como el Mtro. Díaz en el glacis de Buenavista (2008) o los que realizó Alexander Borejsza (2008) en la región conocida como La Laguna en suelos también del tipo vertisol o con característica vérticas.

Gracias a estos estudios preliminares se propuso que probablemente el tipo de suelo vertisol fue el que cubrió Mesoamérica desde el periodo Formativo hasta el Clásico fue el vertisol.

Dichos suelos llamados así del latín *vertere*, invertir, son suelos de climas semiáridos a subhúmedos, con marcada estacionalidad de sequía y lluvias. Tienen alto contenido de arcillas, que se expanden con la humedad y se contraen con la sequía, lo que puede ocasionar grietas en esta última temporada. Son muy fértiles pero difíciles de trabajar debido a su dureza durante el estiaje y a que son muy pegajosos en las lluvias (FAO, 2001).

Actualmente, la distribución de este tipo de suelos vertisol es mayormente en el estado de Tamaulipas, Veracruz y Michoacán, México como se observa en la figura 67 del mapa de distribución de suelos (INEGI; 2007). Sin embargo, por lo estudios y resultados que se obtuvieron en esta tesis, podríamos proponer que

quizá la extensión geográfica en el pasado era mayor, puesto que los estudios en Morelos (Díaz, et.al.; 2008), Chiapas (Solís et.al. 2012) y Teotihuacán (Sánchez; 2016) sugieren características de suelos de tipo vertisol. (ver fig. 61)

De ser correcta nuestra propuesta, indicaría que también el manejo y conocimiento de este tipo de suelo, fue muy importante para las sociedades prehispánicas, tanto para la agricultura como para materia prima de la arquitectura de tierra.

En este último caso, sería de gran importancia hacer un análisis más exhaustivo para saber si el paleosuelo utilizado en los rellenos, tenía agregado algún otro elemento que permitiera que a pesar de tantos años sigan en tan buen estado dichas estructuras.



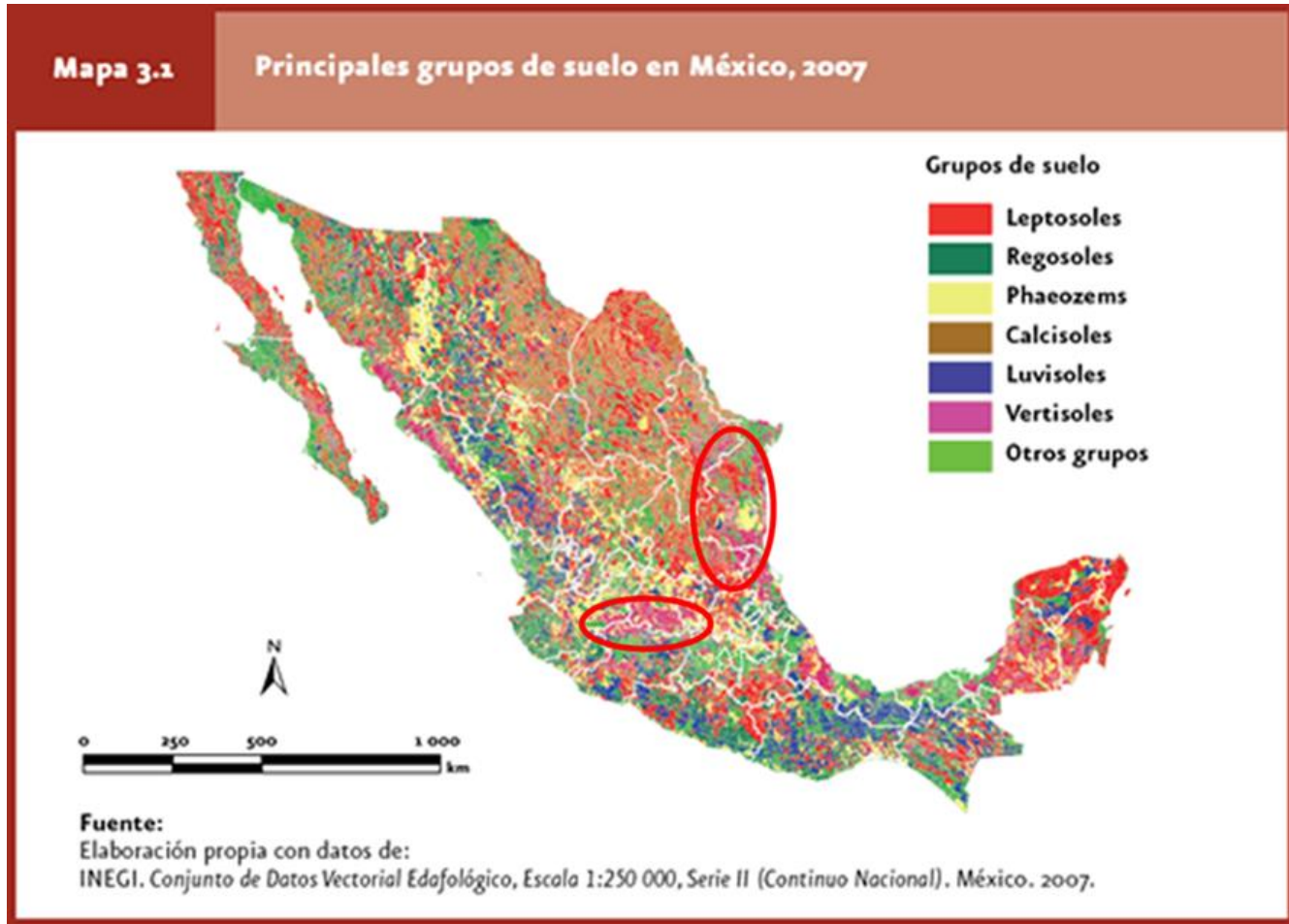


Figura 67. Mapa actual de la distribución de los vertisoles en México.



Figura 68. Sitios en los que se han identificado rasgos vérticos en los paleosuelos y que sugiere la extensión de estos durante el periodo formativo y el Clásico en Mesoamérica.

## Consideraciones finales

En la Joya, el paleosuelo del perfil 1 presenta poligenésis, es decir se formó a través de tres etapas, las cuales fueron corroboradas en los rasgos pedogenéticos. 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, slickensides 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 es el mismo suelo en ambos perfiles (el 1 y el 4), 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.

En el caso de los perfiles de Plataforma Epiclásica y Plataforma 2, se tienen características, identificadas en campo y en el microscopio, que permiten mencionar el desarrollo de un suelo de tipo vertisol.

De acuerdo también a estos resultados es que, se pudo observar que las condiciones ambientales no han sido las mismas que en la actualidad. En el caso de Veracruz, estudios paleoambientales previos de la cuenca baja del río Cotaxtla, donde ubica La Joya demuestran que no hubo un cambio en las condiciones ambientales (Daneels et.al. 2005, 2006) pero el estudio de las muestras demuestra que existieron condiciones distintas en el sitio mismo, debido a que por las actividades constructivas, el sitio quedó sobre el nivel de la planicie aluvial. Las aguas pluviales se dirigieron a los aljibes artificiales, permitiendo que el agua no fuera un problema para el sitio. Este fenómeno también fue constatado por los estudios botánicos que si bien demuestran un cambio en la vegetación de largos periodos a nivel regional (Daneels et. al. 2005, 2006) sí se da a nivel intra-sitio donde se observa una deforestación y un resequamiento debido a que las superficies se sellaron con pisos de barro (Diosdado, 2019)

Sin embargo, las características vérticas en ambos sitios y varios estudios previos sobre reconstrucciones paleoambientales en varias partes de México, han logrado encontrar ciertos edaforrasgos que demuestran condiciones parecidas, aunque vuelvo a mencionar, en el caso específico de La Joya, está influenciado por el buen manejo del drenaje en época prehispánica. Tal es el caso de las regiones del Usumacinta en Chiapas, Teotihuacan en el centro de México y Tlaxcala (Sánchez et al., 2013; Solís et al.; 2012), en las cuales, se observaron *sliken sides* y alto contenido de arcillas esmectíticas. Sin embargo, por ahora solo se tiene la posible expansión territorial de este tipo de suelo en México moderno. En el caso de Michoacán, es un ejemplo de que estos suelos, a pesar de ser de tan difícil manejo, si se utilizaron para construir estructuras, pero con otro tipo de agregados, de los cuales aún se necesitan más estudios.

Cabe aclarar que estos resultados, son apenas el comienzo de una propuesta a nivel regional y que, por supuesto, repercutiría en aspectos sociales y políticos en las sociedades mesoamericanas, puesto que siendo los vertisoles el suelo predominante requeriría un excelente manejo tanto para la agricultura como para lo que nos compete: la construcción de basamentos.

De acuerdo a los objetivos particulares planteados en principio de este trabajo, la caracterización de los suelos naturales permitió hacer una comparación entre ellos y los de los rellenos arquitectónicos, a pesar de que la presencia de los edaforrasgos solamente se observaron *in situ* en los suelos naturales y en los rellenos con otro acomodo, como en el caso de los cutanes de arcilla producto de la iluviación. Esto finalmente, ayuda a saber que no existe un proceso de pedogénesis dentro de las estructuras arqueológicas.

Adicionalmente, se identificaron rasgos que permiten proponer que el tipo de suelo es un vertisol, gracias a los *sliken sides* (cutanes de fricción) y el tipo de arcilla predominante (esmectita).

Cabe mencionar que aunque se cumplieron con estos objetivos particulares, no totalmente con el general, pues no se encontraron los rasgos pedogénéticos en los rellenos arquitectónicos y aunque se identificaron rasgos que permiten inferir

qué tipo de paleosuelo se trataba, en el caso de La Joya las condiciones en el momento de ocupación del sitio favorecieron el desarrollo o aceleración de ciertos rasgos como al drenar el sitio de agua creando momentos de desecación.

En el caso de Tres Mezquites si se identificó un suelo natural que por sus características presenta una evolución de largo tiempo. Sin embargo, a diferencia de la Joya no existe un estudio sobre paleoambiente para observar si la vegetación era la misma a la actual en un clima semiárido.

Lo que si se puede proponer con certeza es que los suelos de los rellenos arqueológicos de tierra, además de ser elementos arquitectónicos, son importantes para las investigaciones paleoambientales, pues brindan mucha información a nivel intra-sitio, a nivel micro (no regional). En este caso se puso énfasis en técnicas como la micromorfología, que es una técnica pionera en el estudio de suelos arqueológicos. En pocas palabras, la visión que se ofrece en este trabajo, es proponer que los rellenos arquitectónicos, más allá de elementos arquitectónicos, permitirán conocer más acerca de su materia prima.

## Bibliografía

Abascal, R. (1996). Los hornos prehispánicos en la región de Tlaxcala. En Antología de Tlaxcala. México: INAH.

Alexandrovskiy, A- L., Sedov, S, Shishkov.(2014).The development of deep soil processes in ancient kurgans of the North Caucasus.Catena No. 111. Pág.65-71

Arasol. Estudio y clasificación de los suelos de Aragón . (23 de ENERO de 2017).  
Obtenido de <http://www.suelosdearagon.com/>

Arias, R. (1992) Información básica municipal de Veracruz. Xalapa, Veracruz. .  
Cambio XXI. Fundación Veracruz Artes Gráficas.

Arnold, D. E. (1985) Ceramic theory and cultural process. Cambridge: University Press.

Ávalos, E. (2019) Los sistemas constructivos de la arquitectura monumental hecha con tierra cruda, de los periodos Formativo y Clásico en Mesoamérica (1,700 a.C. al 1,000 d.C.). México. Tesis de licenciatura en Arqueología: ENAH

Badía, D; (25 de Enero de 2017). Edafos, un programa interactivo para el conocimiento del suelo.Obtenido de <http://www.cienciadelsuelo.es/index1.html>

Barba, L. J. (1991). Manual de técnicas microquímicas de campo para la arqueología. México : III-UNAM.

Bárceñas, H. (2015) Uso de propiedades magnéticas en suelos como indicadores paleo-ambientales y de actividades humanas antiguas. Tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias. México. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México.

Bautista, F.,Cejudo-Ruiz, R., Bertha Aguilar y Avto Gogichaishvili (2014) El potencial del magnetismo en la clasificación de suelos: una revisión. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 66, núm. 2, 2014, p. 365-376

Beliaev, D. y. (1989). Geología para ingenieros. México: COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. de C.V.

Bikerland P. W. (1984). Solils and geomorphology. New York, USA. Oxford University Press,

Birkeland, P. W. (1990) Soil-geomorphic research- a selective overview-. Amsterdam Holland. Geomorphology 3, Elsevier Science Publishers.

Borejsza. A. I. Rodríguez-López, C.D. Frederick and M.D. Bateman (2008) Agricultural slope management at La Laguna, Tlaxca, México. Journal of Archeological Science 35, pp.1854-1866.

Bronger, A. and J.A. (1989). Paleosols: Problems of definition, recognition and interpretation. En: Bronger, A. and Catt, J. A. (ed.) Paleopedology: nature and application of paleosol. Cremlingen-Destedt Catena Supplement 16, pp. 1-7.

Bronger, A. and J.A. Catt (1998). The position of Paleopedology in Geosciences and Agricultural Sciences- Quaternary International, 51/52, pp. 87-93.

Bullock, P. N. (1985). Handbook for soil thin section description. London: Waine Research Publications.

Cábadas, H. (2007). Paleosuelos del Centro de México como indicadores de cambios ambientales ocurridos durante los últimos 30 000 años. Tesis de Maestría. Instituto de Geología UNAM. México, pp.168.

Cepeda, D. J. (1991). Química de Suelos México: Trillas .

Consejo de Recursos Minerales (1994) Monografía geológico-minera del estado de Veracruz. México, D.F.Editorial Pedagógica Iberoamericana.

Córdova, C. A. (1991). Las ciencias de la tierra en la perspectiva arqueológica . Boletín de Antropología Americana 23, pp. 161-169.

Cornwall, I.(1958) Soils for the Archeologist. London. Phoenix House,

Corona, E. (1975). Desarrollo de un señorío en el Acolhuacan Prehispánico. México. Tesis de licenciatura y maestro en ciencias antropológicas. ENAH-INAH .

Cresswell, R. (1976). *Geoarchaeology: earth science and the past*. Colorado : Westview Press.

Cruz y Cruz, T.; Sánchez, G.; John Carpenter: Sergey Sedov. (2019) Late Holocene human activities and their impacts on the soils and sediments at La Playa, Sonora, Mexico. México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 71:pp. 519-541.

Cyphers, A. (1997) La gobernatura en San Lorenzo: Inferencias del arte y patrón de asentamiento. En *Población, Subsistencia y Medio Ambiente en San Lorenzo Tenochtitlán*. México. Coordinadora Ann Cyphers; Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 227-242.

Daneels, A. (2002). El patrón de asentamiento del periodo Clásico en la cuenca baja del río Cotaxtla, centro de Veracruz. Un estudio de caso de desarrollo de sociedades complejas en tierras bajas tropicales. México. Tesis de doctorado en Antropología, UNAM.

(2009). "El centro de Veracruz", en *La arquitectura precolombina en Mesoamérica*, María Teresa Uriarte (comp.), Milán/ México, Jaca Books-Inah (Serie Corpus Precolombino), pp. 57-178.

(2006). La cerámica del Clásico en Veracruz, 0-1000 d.C. En la producción alfarera en el México Antiguo, Volumen II; La alfarería durante el Clásico 100-700 d.C. México, D.F. Coordinado por Beatriz Leonor Merino Carrión y Ángel García Cook. Colección Científica, Serie Arqueología no. 495. Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 393-504.

(2010) *Arquitectura monumental hecha de tierra en La Joya, Veracruz, México*. FAMSI

(2012) Tercer Informe Técnico Parcial: Planteamiento D: Registro de la ofrenda del adoratorio, del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz, Temporada XIII. Propuesta para la Preservación de la Pirámide de La Joya, Municipio de Medellín de Bravo, Ver., Proyecto 2011 (266 páginas, incluyendo 175 figuras y dos anexos), entregado al Consejo de Arqueología el 23 de octubre de 2012, aprobado



(2013) Rescate de estructuras prehispánicas de barro crudo en la costa veracruzana, México. En: Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012 [online], , Universidad de Valladolid, p.p. 17-26.

(2015). Los sistemas constructivos de tierra en el México prehispánico. En M. C. Achig Balarezo (Coord.), Tierra, Sociedad, Comunidad. 15° Seminario Internacional de Arquitectura y Construcción con Tierra. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca y Red Iberoamericana Proterra. pp. 219-232

Daneels, A. y J. Díaz (2018) "Micromorphology of an anthropogenic gleyic sequence in an archaeological site in Mexico." Manuscrito de los autores

Daneels, Annick, Emilio Ibarra, Fabio, Flores y Manuel Zolá. (2005) "Paleoagriculture on the Gulf Coast: Two possible cases of the Classic Period, Central Veracruz, Mexico": en Nancy Marie White (ed.), Gulf Coast Archaeology, The Southeastern United States and Mexico, Gainesville, University Press of Florida, pp. 205-222.

Daneels, A., Flores, F., Ibarra, E., & Zolá, M. (2006). Ancient environment and agriculture in tropical lowland: analysis in two archaeological sites in Central Veracruz, México. En: Le Secrétariat du Congres (Ed.), Proceedings of the XIV Congress of the International Union of Prehistoric and Protohistoric Sciences, Volume: Proceedings, Section 17, Vol. II: no.1524. p.p. 137-143.

Daneels, A., Guerrero, L. (2011) Millenary Earthen Architecture in tropical lowlands of Mexico. En APT Bulletin 42, pp. 11-18

Daneels, A., Piña, D. (2017) Enfoque interdisciplinario en el estudio de la arquitectura de tierra prehispánica en el trópico húmedo mexicano. En "Diálogo entre saberes", México. Editado por Francisca Zalaquett, Keiko Teranishi y Socorro Jiménez: Instituto de Investigaciones Filológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 57-71.

Daneels, A.; Love, M.; Beltrán, Esteban Ávalos. (2018). Control de presión interna de rellenos en basamentos de la Mesoamérica Prehispánica. Seminario

Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 18 Memorias. La Antigua Guatemala, Guatemala: USAC-CII/ PROTERRA. pp. 36-45.

Darras, V., Castañeda, A. Laure Déodat, Camilo Mireles, Isaac Barrientos, Isabel Medina-González, Karla Martínez López (2016). Informe técnico sobre los trabajos de campo realizados en la región de Tres Mezquites, Michoacán en 2016. México. Consejo de Arqueología Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Darras, V., Castañeda, Alejandra, Isaac Barrientos y Kanine Lefebvre (2017) Informe técnico sobre los trabajos de campo realizados en la región de Tres Mezquites, Michoacán en 2017. Consejo de arqueología. INAH

Davis, J. C. (1980). Statistics and data analysis in geology. Wiley, Nueva York. Wiley, New York .

Díaz, J. (2008) Cambios ambientales y dinámica erosiva en el glacis de Buenavista, Morelos en el cuaternario tardío: registros paleopedológicos. México. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Instituto de Geología, UNAM.

Díaz, Yusnier (2017) Paleopedogenesis en un sistema de dunas de Veracruz como evidencia de ciclos de estabilidad e inestabilidad del paisaje. México. Tesis de maestría. Instituto de Geología. UNAM

Dokuchaev, V. (1967). Selected works of V.V. Dokuchaev. Jerusalem: Dept. of Commerce, Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information.

Dunning, N; McCane C.; Tyler Swinney Matthew Purtill Jani Sparks Ashley Mann Jon-Paul McCool Chantal Ivenso. (2015) Geoarchaeological Investigations in Mesoamerica Move into the 21st Century: A Review. Geoarcheology. An International Journal. No. 30. Mayo-Junio

Drucker, Phillip., Heizer R. (1952) La Venta Tabasco. A study of Olmec Ceramics and Art. Washington, D.C. Smithsonian Institution, Bureau of American Ethnology, Bulletin 1953.

Ericksen, P.J., Ardón, M., 2003, Similarities and differences between farmer and scientist views on soil quality issues in central Honduras: Geoderma, 111, 233-248.

FAO, W. S. (2015). Base referencial del recurso suelo. Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional, IUSS-ISRIC.

Fournier, P.; Guerrero, S; John Carpenter Slavens, Sergei Sedov (2017) Caracterización arqueométrica en el estudio de tecnologías productivas contenedores cerámicos en México y Andalucía durante el periodo virreinal. Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada, Nº 27, 2017, pp. 399-42

Gama, Manuel , Solleiro, Elizabeth, E. McClung, J.L. Villalpando, S.Sedov (2005) Contribuciones de la ciencia del suelo a la investigación arqueológica. El caso de Teotihuacan. Revisión Tierra Latinoamericana, pp.11

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, pp. 1177-1188.

García, Enriqueta, (1964) Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México, Anales del Instituto de Biología, pp.3-42.

García, T. (2017). Procedencia e identificación de rasgos tecnológicos de la cerámica azteca II proveniente del sitios arqueológico Tenayuca, Estado de México. México. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Arqueología. ENAH.

Gebhardt, A. (1992). Micromorphological analyses of soil structural modification caused by different cultivation implements. Francia: Préhistoire de l'agriculture nouvelles aproches expérimentales et ethnographiques.

Gendrop, P., 2001, Diccionario de arquitectura mesoamericana: Ciudad de México, Trillas. pp. 238.

Gisbert. (2010). Génesis del suelo. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

González, D. (2015). Catedras Micromorfología. Obtenido de [www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/micromorfologia...suelos/Gonzalez.pdf](http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/micromorfologia...suelos/Gonzalez.pdf)

Heidari, A., Mahmoodi, SH. Stoops G, Mess, F (2005) Micromorphological characteristics of vertisols of Iran. Including nonsmectitic soils. Arid land research and manacement. Taylor and Francis 19.

Herz, N. y. (1998). Geological Methods for archaeology. New York, USA: Oxford University Press .

Holiday, V. T. (1992) Soils in Archeology: landscape evolution and human occupation. Smithsonian Institution Press

Hurbult, J. y. (1959). Manual de mineralogía. Tratado moderno para la enseñanza en universidades y escuelas especiales y para guía de ingenieros de minas y geólogos . Editorial Reverte S.A.

Ibarra, G. (2015) Reconstrucción de la cubierta edáfica en el cuaternario tardío en la porción sur de la cuenca de México y su afectación por la actividad volcánica del Xitle. México. Tesis de Maestría. Instituto de Geología. UNAM

Israde, J., Garduño, Monroy V. y Ortega Murillo (2002). Paleoambiente lacustre del Cuaternario Tardío en el centro del lago de Cuitzeo- Hidrobiológica, No. 12.

Johnson, M. (1979). Introductory Soil Scinece. A study guide and laboratory manual. Nueva York : Macmillan Publishing .

Joukowsky, M. (1980). A complete manual of field archaeology: tool and techniques of fiel work for archaeologists. New Jersey: Prentice Hall .

Karkanas, P. (2006). Late Neolithic household activities in marginal areas: The micromorphological evidence from the Kouveleiki caves, Peloponnese, Greece. Journal of Archaeological Science, 33, pp. 1628– 1641.

Karkanas, P. (2015). Site formation processes at Palamari. In L. Parlama, & M. Theochari (Eds.), The fortified prehistoric settlement at Palamari, Skyros. pp. 201–

222. Athens: Epistimoniki Epitropi Ergou Palamariou Skyrou, SAITIS AE. (in Greek with English abstract).

Karkanas, P. (2018). Stratigraphy and site formation processes of Alepotrypa Cave. Oxford: Oxbow Books. In A. Papathanassiou, W. A. Parkinson, D. J. Pullen, M. L. Galaty, & P. Karkanas (Eds.), *Neolithic Alepotrypa Cave in the Mani, Greece*. pp. 24–32.

Karkanas, P. (2019) Microscopic deformation structures in archaeological contexts: *Geoarchaeology* No. 34.

Kerr, P. F. (1965). *Mineralogía Óptica*. Nueva York. Mc Graw-Hill Books

Khokhlova, O.S, Sedov, S.N., A.A. Golyeva, A.A. Khokhlov. (2001) Evolution of Chernozems in the Northern Caucasus, Russia during the second half of the Holocene: carbonate status of paleosols as a tool for paleoenvironmental reconstruction. *Geoderma* 104. pp. 115–133 [www.elsevier.com/locate/geoderma](http://www.elsevier.com/locate/geoderma)

Ibarra, G. Solleiro, E. Sergey Sedov., Daniel Leonard (2019). The role of pedogenesis in palaeosols of Mexico basin and its implication in the paleoenvironmental reconstruction. *Quaternary International*.

Kolb, C. C. (1988). *Ceramic Ecology in Retrospect: A critical review of methodology and results*. *Ceramic Ecology. Current Research on ceramic*, pp. 261-365 .

Krismar Educación (2018) *Historia Universal Siglo XX a.C. - XVI d.C.* Krismar

Kubiena, W. (1952). *Claves sistematicas de suelos*. Consejo Superior de Investigaciones Cientificas.

Liberotti, G., Annick Daneels (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 Arslantepe (Turquía). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Volumen 64, núm. 1, pp. 79-89.

Loaiza, J.C., Stoops, G., Poch, R.M., Casamitjana, M. (eds.), 2015, Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias: Medellín, CO, Fondo editorial Pascual Bravo, pp. 384.

Luján, L. J. (2003). Los materiales constructivos del Templo Mayor de Tenochtitlán. Estudios de Cultura Náhuatl 34, pp. 137-166.

Manzanilla; L (2002) Organización sociopolítica de Teotihuacán: lo que los materiales arqueológicos nos dicen o nos callan. En: Ideología y política a través de materiales, imágenes y símbolos. Memoria de la Primera mesa redonda de Teotihuacán. México. CONACULTA-INAH.

Marcus, J., Flannery K. (2001). La civilización Zapoteca. México. Cómo evolucionó la Sociedad Urbana en el Valle de Oaxaca, Fondo de Cultura Económica,

Matson, F. (1994). Ceramic Ecology: An Approach to the study of the early cultures of the near east. Ceramics and Man, pp. 202-217.

Meléndez, C. A. (Enero- Marzo de 2009). Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X. Universidad Autónoma de Chihuahua, Ed. Aventuras del pensamiento.

Moore, Duane M. (1997) X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford New York, University Press.

Morante, R., (2000). El universo mesoamericano: Conceptos integradores. Desacatos. No. 5. P.p.31-44. Recuperado en 30 de julio de 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1607050X2000000300003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607050X2000000300003&lng=es&tlng=es).

McClung, E.; Solleiro, E.; Enrique Gama; José Luis Villalpando (2003). Paleosols in the Teotihuacán valley, Mexico: Evidence for paleoenvironment and human impact. México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 20, pp. 270-282 .

Macphail, R.I., et al. (2016). European ancient settlements. A guide to their composition and morphology based on soil micromorphology and associated geoarchaeological techniques; introducing the contrasting sites of Chalcolithic

Borduş, ani-Popina, BorceaRiver, Romania and Viking Age. Quaternary International. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.08.049>.

Nicosia, R.; Stoops, G. (2017). Archeological soil and sediment micromorphology. Willey Blackwell, pp. 496.

Pález-Osuna, F. y. (1984). Comparación de tres técnicas para analizar materia orgánica en sedimentos. México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, pp. 257-264.

Pérez, A, (2019). Reconstrucción medioambiental a través del análisis palinológico de adobes del sitio La Joya de San Martín Garabato, Veracruz, México (Preclásico Tardío-Clásico). México. Tesis de licenciatura en Arqueología. ENAH.

Piperno, D. (1988). Phytolith Analysis an Archaeological and Geological Perspective. New York: Academic Press

Pozo, C. M., González. (2003). Response of soil microbiota to the addition of 3,3-diaminobenzidine. Applied Soil Ecology. No. 23, pp.119-126.

Rapp, G. (2006). Geoarchaeology. The earth-science Approach to Archaeological Interpretation. Yale University Press.

Renfrew, C. (1976). Archaeology and the Earth Science. En D. y. Davidson, Boulder Colorado. Geoarchaeology: Earth Science and the Past .: Westview Press

Rigby, D. y. (2001). Organic farming and the sustainability of agricultural systems. . Agricultural Systems. 68, pp.21-40.

Rivera, Y. (2008). Impacto del desarrollo cultural prehispánico en la cubierta edáfica del Valle de Teotihuacán. México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.

Rivera, Y., M.Y.S. Sedov, E. Solleiro, J. Perez-Perez, E. McClung, A. González and J. Gama-Castro. (2007). Degradación ambiental en el Valle de Teotihuacan: Evidencias geológicas y paleopedológicas. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, pp. 203-217.

Sahagún, B. (1956). Historia general de las cosas de Nueva España. Ciudad de México, Editorial Porrúa, Tomo III. pp. 107.

Sánchez, S. (2005). Descripción de perfiles estratigráficos en campo. Análisis físico-químicos de suelos y sedimentos. México: CONACULTA-INAH-ENAH.

(2015) Los paleosuelos “negros” como indicadores de cambios ambientales naturales e inducidos por el hombre en el periodo de ocupación teotihuacano. México. Tesis para optar por el título de doctor en Ciencias de la Tierra. Instituto de Geología, UNAM.

Sanders, W.T. and B.J. Price. (1968) Mesoamerica: The evolution of the civilization. New York; Random House

Schaetzl, R. J. and S. Anderson (2002) Soil, genesis and Geomorphology. Cambridge University Press

Schiffer, M. B. (1987). Formation Processes of the Archaeological Record. Albuquerque, NM: University of New Mexico Press

Sean Quinn, P. (2013). Ceramic Petrography. The interpretation of Archaeological Pottery and Related artifacts in thin section. Archaeopress.

Sedov, S., E.Solleiro, J.Gama (2003). Andosol to Luvisol evolution in Central Mexico: timing mechanisms and enviromental setting, Catena 54.

Sedov S., Solleiro-Rebolledo E., Pedro Morales-Puente, Angelica Arias, Ernestina Vallejo-Gomez, Carolina Jasso-Castañeda (2003). Mineral and organic components of the buried paleosols of the Nevado de Toluca, Central Mexico as indicators of paleoenvironments and soil evolution. Quaternary International, pp.169–184.

Sedov, S., E. Solleiro et.al. (2009). Paleosol sequence in Tlaxcala Basin: a multiscale proxy of the middle to Late Quaternary enviromental change in Central Mexico. México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, pp.26.



Solis, B. (2010) Toposecuencia de paleosuelos volcánicos como herramientas para la reconstrucción paleoambiental en el Cuaternario Tardío en Tlaxca. México. Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra. Instituto de Geología, UNAM.

Solis, B. et. al. (2012) Palesuelos en secuencias coluvio-aluviales del Pleistoceno – Holoceno en Tlaxcala: registros paleoambientales del poblamiento temprano en el centro de México. México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana vol. 64. Núm. 1.

Solis, B. et.al. (2012) Paleoenvironment and Human Occupation in the Maya Lowlands of the Usumacinta River, Southern Mexico. Scientific editing by Calla McNamee and Howard Cyr. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com).

Solís B., Ortiz-Pérez, M.A., Solleiro-Rebolledo, E, (2014). Unidades geomorfológico-ambientales de las Tierras Bajas Mayas de Tabasco-Chiapas en el Río Usumacinta: un registro de los procesos aluviales y pedológicos durante el Cuaternario, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana; 66, pp.279-290

Solleiro-Rebolledo, E., Sedov, S., Sycheva, S., Sánchez, S., Pustovoitov, K, (2015). Influencia de la cubierta edáfica antigua en los procesos geodinámicos actuales en la porción noreste de la Cuenca de México, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 67, pp.255-272

Stein, J. K. (2001). A review of site formation processes and their relevance to geoarchaeology . En P. H. Goldberg, Earth Science and Archaeology . New York : Plenum Publishers .

Steward, J. (1955). The concept and method of Cultural Ecology . En S. J.H., Theory of cultural change . University of Illinois Press .

(1968). Cultural Ecology. En D. M. Sills, International Encyclopedia of the social science . New York: Macmillan .

(1977). The concept and method of Cultural Ecology. En J. Steward, Evolution and Ecology: Essays on Social Transformations. University of Illinois Press .

Stoltman, J. (1989). A quantitative Approach to the Petrographic Analysis of ceramic thin sections. American Antiquity, pp.147-160.

(1991). Ceramic petrographic as a Technique for documenting cultural interactions. An example from the upper Mississippi valley. American Antiquity, pp.103-120.

(2002). Minerals and elements: Using petrography to reconsider the findings of Neutron Activation in the Compositional Analysis of ceramics from Pinson Mounds, Tennessee . Midcontinental Journal of Archaeology, pp 1-33.

Tarbuck, E. L. (2005). Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. España: Pearson Prentice Hall.

Targulian, V. (2004). Soil memory: Types of record, carriers, hierarchy and diversity. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, pp.1-8.

Terry, R. D. (1955). Summary of "Concerning some additional aids in studying sedimentary formations. Journal of Sedimentary Petrology 25, pp. 229-234.

Vargas, Filibert. (1979). Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. México. UNAM.

Vela; Solanes,(2000) Atlas del México prehispánico. Méxic. En: Arqueología Mexicana, Especial 5.

Walkley, A. y. (1933). An examination of the Degtjareff method for determination soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method . Soil Science.