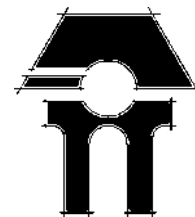




**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS  
DE HIDALGO**



**FACULTAD DE ARQUITECTURA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**TECNOLOGÍA DE MORTEROS CONSTRUCTIVOS  
DE TIERRA: UNA TRADICIÓN EN LA VERTIENTE  
DEL LERMA MEDIO EN EL EPICLÁSICO**

**Tesis para obtener el grado de  
Maestro en Arquitectura, Investigación y  
Restauración de Sitios y Monumentos**

Presenta:  
**Arqueóloga, Arlette Minerva Anyul Cuéllar López**

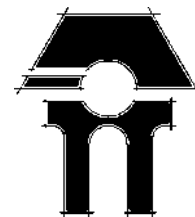
Directora de tesis:  
**Doctora en Ingeniería y Ciencias Químicas, Elia Mercedes Alonso Guzmán**

Morelia, Michoacán, noviembre de 2014





**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS  
DE HIDALGO**



**FACULTAD DE ARQUITECTURA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

# **TECNOLOGÍA DE MORTEROS CONSTRUCTIVOS DE TIERRA: UNA TRADICIÓN EN LA VERTIENTE DEL LERMA MEDIO EN EL EPICLÁSICO**

**Mesa Sinodal**

**Directora de tesis:**

**Doctora en Ingeniería y Ciencias Químicas, Elia Mercedes Alonso Guzmán**

**Cotutor:**

**Doctor en Arquitectura, Juan Alberto Bedolla Arroyo**

**Sinodales:**

**Doctor en Antropología Social, Efraín Cárdenas García**

**Doctor en Arquitectura, Luis Torres Garibay**

**Doctor en Arquitectura, Héctor González Licón**

Morelia, Michoacán, noviembre de 2014



## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias a la colaboración y apoyo de numerosas personas e instituciones a quienes agradezco infinitamente:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a Fondos Mixtos de CONACYT para Movilidad Nacional.

A la planta de profesores del posgrado de la Facultad de Arquitectura de la UMSNH por sus enseñanzas y paciencia al ser mi formación distinta a la arquitectura.

Al Dr. José Ruvalcaba del Instituto de Física de la UNAM por el apoyo durante mi estancia de investigación en sus instalaciones. A todos los técnicos, estudiantes e investigadores del mismo Instituto quienes me auxiliaron constantemente en los análisis realizados.

Al Dr. Miguel Ávalos del Instituto Potosino de Investigación, Ciencia y Tecnología (IPICYT) y a los técnicos que nos apoyaron con los equipos utilizados.

A los Arqlgos. Eugenia Fernández-Villanueva, Carlos Castañeda, Carlos Torreblanca y Efraín Cárdenas por el material que pusieron a mi alcance para realizar esta investigación. A Mario Rétiz y Ruth Ortega quienes me auxiliaron en la búsqueda de material.

Muy especialmente a la Doctora Elia Alonso Guzmán por ser un soporte fundamental en todo mi trabajo, pero sobre todo por su amistad, su apoyo, por sus innumerables enseñanzas y por siempre creer en mí.

A los investigadores, técnicos y estudiantes del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería quienes de diversos modos auxiliaron en esta investigación.

A mis compañeros de generación por ser grandes amigos, especialmente a Elda Bedolla y Eder García por el gran apoyo que siempre me brindaron en diversas etapas de la maestría y a Mauricio Romero por todas sus enseñanzas.

A mi esposo Jorge Quiroz Rosales por compartir sus conocimientos e información conmigo para enriquecer este trabajo.



## RESUMEN

Parte fundamental de los sistemas constructivos en la arquitectura prehispánica es el uso de morteros, ya sea como parte del núcleo, aplanados, muros, pisos y cubiertas, sin embargo, poco se enfoca a su estudio en general y a su composición en particular, lo cual es esencial para su comprensión.

La investigación aquí presentada se enfoca al estudio de los morteros prehispánicos de varios sitios de la Vertiente del Lerma Medio en el periodo Epiclásico (600-900 d.C.): Zaragoza en Michoacán y, Plazuelas y Peralta en Guanajuato. Además se añadieron muestras del sitio El Cópore en Guanajuato, sitio de una región aledaña con la misma temporalidad que sirvió como punto de comparación.

Se analizaron muestras de morteros con diferentes funciones provenientes de sus centros ceremoniales con el fin de realizar su caracterización mediante diferentes técnicas de análisis como DRX, FRX, PIXE y análisis térmico. Esto nos permitió conocer primeramente variaciones de acuerdo a su función constructiva a nivel de sitio y posteriormente compararlas a nivel regional para conocer patrones en sus procesos de manufactura, lo cual nos llevó a identificar así una tradición tecnológica de morteros prehispánica en dicha región.

La información obtenida es esencial para el conocimiento de parte fundamental de la arquitectura de nuestros antepasados, además de proporcionar datos para su aplicación en la restauración, pues gran parte de los vestigios (principalmente aplanados) terminan perdiéndose por el mismo desconocimiento.

Palabras clave: mortero, tecnología, tradición, función

## **ABSTRACT**

A fundamental part of constructive systems in prehispanic architecture is the use of mortars as part of nucleus, plasters, walls, floors and roofs, however, little is focused to their study in general and to their composition in particular, which is essential for their understanding.

The investigation presented here is focused to the study of some sites' prehispanic mortars from the Basin of Middle Lerma from Epiclasic period (600-900 AD): Zaragoza on Michoacan, and Plazuelas and Peralta on Guanajuato. In addition, we use samples from site El Coporo on Guanajuato, a site from a neighboring region with the same temporary, that served as a begin to compare.

We analized samples of mortars from their ceremonial centers with different functions with the objective of carry out their characterization through different analysis techniques like XRD, XRF, PIXE and thermal analysis. This first let us knowing variations in accordance with their constructive function in a site level and after to compare them in a regional level to know patterns in their manufacture processes that let us to identify a prehispanic technological tradition of mortars in such a region.

The information obtained here is essential for the knowledge of that fundamental part of architecture of our ancestors, as well as proporcionating information for their application on restoration, because great part of remains, mainly plasters, are lost because of the same ignorance.

Key words: mortar, technology, tradition, function

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>I</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>LA TIERRA EN LA ARQUITECTURA Y LA TECNOLOGÍA DE MORTEROS</b>	<b>13</b>
1.1 El uso de la tierra en arquitectura	13
1.2 Los morteros como tecnología	21
1.3 ¿Qué es una tradición?	26
1.4 Los morteros en Mesoamérica	28
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>LA VERTIENTE DEL LERMA MEDIO. CULTURA Y MEDIO AMBIENTE</b>	<b>37</b>
2.1 Contexto geográfico y medio ambiente	37
2.1.1 Geología	40
2.1.2 Suelos	44
2.1.3 Flora	45
2.1.4 Hidrología	47
2.2 Problemática cultural de la región de estudio	49
2.3 Sitios de estudio: aspectos ambientales y culturales	54
2.3.1 Peralta	54
2.3.2 Plazuelas	57
2.3.3 Zaragoza	58
2.3.4 El Cóporo	60
2.3.5 Conclusiones	62

### **CAPÍTULO 3**

#### **OBTENCIÓN DE MUESTRAS, TÉCNICAS Y RESULTADOS 65**

3.1 Las técnicas de laboratorio aplicadas al estudio de arquitectura prehispánica	65
3.2 Selección de muestras y su contexto	65
3.3 Tipología	67
3.3.1 Criterios de clasificación	67
3.3.2 Diagrama tipológico	69
3.4 Técnicas de experimentación	71
3.4.1 Límites de Atterberg y granulometría	71
3.4.1.1 Determinación de límites de consistencia y contracción lineal	72
3.4.1.2 Humedad natural	73
3.4.1.3 Granulometría	73
3.4.2 Microscopía estereoscópica	74
3.4.3 Difracción de rayos X (DRX)	76
3.4.4 Fluorescencia de rayos X (FRX)	86
3.4.5 Técnica de haces de iones, PIXE	87
3.4.6 Análisis térmico	88
3.5 Análisis de resultados	89

### **CAPÍTULO 4**

#### **TECNOLOGÍA DE MORTEROS CONSTRUCTIVOS DE TIERRA. UNA TRADICIÓN EN LA VERTIENTE DEL LERMA MEDIO 95**

4.1 Aplanados	96
4.2 Pisos	99
4.3 Mortero de nivelación	100
4.4 Bajareque	101
4.5 Otras consideraciones	106
4.6 Conclusiones	109

#### **REFLEXIONES FINALES 113**

#### **APÉNDICES 115**

Muestras analizadas	115
Fluorescencia de Rayos X (FRX)	116
Técnica de haces de iones (PIXE)	117
Análisis térmico	121

#### **BIBLIOGRAFÍA 125**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio.....	3
Figura 2. Mapa conceptual que sintetiza el proceso metodológico realizado en este trabajo.....	11
Figura 3. A la izquierda vivienda y restos de un muro de adobe en Cuitzeo, Michoacán y a la derecha el uso de adobes en el sitio arqueológico El Cópore, Guanajuato. Fotos: A. Cuéllar .....	16
Figura 4. Vivienda realizada con la técnica de bajareque. Ubicada en la zona maya. Fotos: A. Cuéllar .....	17
Figura 5. Casa acantilado de la Cultura Casas Grandes construida a partir de la técnica del tapial. Fuente: Gamboa, “Paquimé y el mundo de la cultura Casas Grandes”, en <i>Arqueología Mexicana</i> , Vol. IX, Núm. 51, 2001 .....	18
Figura 6. Esquema elaborado a partir de la noción de tradición de Carlos Herrejón.....	27
Figura 7. Sistema constructivo de muros en Teotihuacan y Mitla. Se observa el aplanado de los muros que se extienden hasta el piso (d). Fuente: Morgain, Carlos R., “Pre-columbian architecture of Central Mexico”, en Robert Wauchope (ed.), <i>Archaeology of Northern Mesoamerica</i> . Part 1, 1971, pp.45-91. ....	32
Figura 8. Sistema constructivo de las cubiertas planas en Teotihuacan. Fuente: Morgain, <i>op. cit.</i> .....	33
Figura 9. Técnica de colocación de capas para preparar la superficie para la pintura mural. Comparación Teotihuacan y área maya. Fuente: Magaloni, “La pintura mural y su conservación”, en <i>Arqueología Mexicana, Restauración y Arqueología</i> , Vol. XVIII, Número 108, 2011, p. 35. ....	35
Figura 10. Casas acantilado de la Cultura Casas Grandes donde resalta el uso de morteros y arquitectura de tierra (900-1100 d.C.) Fuente: Gamboa, <i>op. cit.</i> .....	36
Figura 11. Cuenca del Lerma-Chapala. Fuente: Helena Cotler, “La Cuenca Lerma-Chapala: algunas ideas para un antiguo problema”, en <i>Gaceta Ecológica</i> , marzo-junio, número 071, México, DF, Instituto Nacional de Ecología, 2004, pp. 5-10 .....	38
Figura 12. Vertiente del Lerma Medio. Fuente: Efraín Cárdenas García, “La tradición arquitectónica de los patios hundidos en la Vertiente del Lerma Medio”, en Eduardo Williams y Phil C. Weigand (eds.), <i>Las Cuencas del Occidente de México (época prehispánica)</i> , Zamora, Michoacán, COLMICH, 1996.....	39
Figura 13. Mapa de recursos naturales en la región. Fuente: Efraín Cárdenas, “Método para el análisis espacial de sitios prehispánicos. Estudio de caso: el Bajío”, en Palapa, Vol. III, Núm. I, enero-junio, México, Universidad de Colima, 2008.....	43
Figura 14. Distribución de yacimientos de obsidiana en la región. Fuente: Cárdenas, “La tradición arquitectónica de los patios hundidos en la Vertiente del Lerma Medio”, <i>op. cit.</i> , p. 176.....	43
Figura 15. Tipos de suelos en la Cuenca Lerma-Chapala. Fuente: Mollard <i>et. al.</i> , “La agricultura de riego: tipología, economía y regionalización”, en Sergio Vargas y Eric Mollard (eds.), <i>Los retos del agua en la Cuenca Lerma-Chapala. Aportes para su estudio y discusión</i> , México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2005, p. 101.....	45
Figura 16. Tipos de vegetación en la Cuenca del Lerma. Fuente: Mollard, <i>et. al, op. cit.</i> , p. 100.....	47
Figura 17. Cuenca del Lerma. Fuente: Güitrón, “Modelación matemática en la construcción de consensos para la gestión integrada del agua en la cuenca Lerma-Chapala, en Sergio Vargas y Eric Mollard (eds), <i>Los retos del agua en la Cuenca Lerma-Chapala. Aportes para su estudio y discusión</i> , México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2005, p. 28. ....	48
Figura 18. Variantes constructivas de patio hundido. Fuente: Efraín Cárdenas, .....	49
Figura 19. Cerámica de la región. Colecciones Peralta, Zaragoza y Cañada de la Virgen. Fotos Peralta y Zaragoza: A. Cuéllar. Fuente de imágenes Cañada de la Virgen: Gabriela Zepeda, “Cañada de la Virgen, San Miguel de Allende. La Casa de los Trece Cielos y la Casa de la Noche más larga”, en Carlos Castañeda, <i>et. al.</i> , <i>Zonas arqueológicas en Guanajuato. Cuatro Casos: Plazuelas, Cañada de la Virgen, Peralta y El Cópore</i> , Guanajuato, Editorial La Rana, 2007, pp. 71-182.....	53
Figura 20. Ubicación de Peralta, Gto. Fuente: mapa base Google Earth.....	54
Figura 21. Foto: E. Cárdenas.....	55
Figura 22. Foto: E. Cárdenas.....	56
Figura 23. Ubicación de Plazuelas, Gto. Fuente: Imagen base de Google Earth.....	57
Figura 24. Imagen de maqueta con representaciones arquitectónicas. Plazuelas.....	57

Figura 25. Imagen de centro ceremonial Plazuelas, Gto. Foto: A. Cuéllar .....	57
Figura 26. Ubicación de Zaragoza, Mich. Fuente: imagen base tomada de Google Earth.....	58
Figura 27. Sistema de terraceo. Al fondo se observa parte del reliz. Foto: E. Cárdenas .....	59
Figura 28. Petrograbado ubicado en la Estructura 3. Centro ceremonial Zaragoza, Mich. Foto: A. Cuéllar ..	59
Figura 29. A la izquierda cancha de juego de pelota y a la derecha Estructura 2. Fotos: A. Cuéllar .....	60
Figura 30. Ubicación de El Cópore, Gto. Fuente: imagen base tomada de Google Earth .....	60
Figura 31. Conjunto Gotas, El Cópore. Foto: A. Cuéllar .....	61
Figura 32. Imagen de petrograbado. Foto: A. Cuéllar .....	61
Figura 33. En las imágenes se observan los tipos de morteros que se seleccionaron según su función. Ejemplos <i>in situ</i> , a excepción del bajareque. Imágenes superiores: Plazuelas, Gto. Imágenes inferiores: Peralta, Gto. Foto inferior izquierda: E. Cárdenas. Fotos restantes: A. Cuéllar. ....	69
Figura 34. Tabla de clasificación o tipología de morteros detectados en la región. Debe quedar claro que en algunos casos no se encontraron muestras para todos los sitios de estudio, pero no implica que no hayan existido.....	70
Figura 35. Imágenes del proceso para establecer límites de Atterberg. Fotos: A. Cuéllar.....	73
Figura 36. Proceso para establecer la granulometría de los suelos. Fotos: A. Cuéllar .....	73
Figura 37. Equipo de difracción utilizado (UNAM). Foto: A. Cuéllar .....	76
Figura 38. Preparación y colocación de muestras en difractor. Fotos: A. Cuéllar .....	76
Figura 39. Difractograma de un aplanado del sitio de Peralta.....	77
Figura 40. Ejemplos de difractogramas típicos de cada grupo definido de acuerdo a la presencia de picos correspondientes a ciertas fases mineralógicas y su proporción –por intensidad de los picos-. Estos grupos ayudaron a definir similitudes. ....	78
Figura 41. Gráfico comparativo de los espectros de aplanados del sitio de Peralta .....	79
Figura 42. Gráfico comparativo de los espectros de aplanados del sitio de Plazuelas .....	80
Figura 43. Gráfico comparativo de los espectros de aplanados del sitio de Zaragoza .....	80
Figura 44. Gráfico comparativo de los espectros de pisos del sitio de Peralta.....	81
Figura 45. Gráfico comparativo de los espectros de pisos del sitio de Plazuelas.....	81
Figura 46. Gráfico comparativo de los espectros de pisos del sitio de Zaragoza .....	82
Figura 47. Gráfico comparativo de los espectros de bajareque del sitio de Peralta.....	82
Figura 48. Gráfico comparativo de los espectros de bajareque del sitio de Plazuelas.....	83
Figura 49. Gráfico comparativo de los espectros de bajareque del sitio de Zaragoza.....	83
Figura 50. Gráfico comparativo de los espectros de bajareque del sitio de Plazuelas.....	84
Figura 51. Comparación de todos los difractogramas de Peralta, Gto. ....	84
Figura 52. Comparación de todos los difractogramas de Plazuelas, Gto. ....	85
Figura 53. Comparación de todos los difractogramas de Zaragoza, Mich. ....	85
Figura 54. Comparación de todos los difractogramas de El Cópore, Gto. ....	86
Figura 55. Equipo para realizar las pastillas. Fotos: A. Cuéllar .....	87
Figura 56. Análisis PIXE. Fotos: A. Cuéllar .....	87
Figura 57. Equipo de análisis térmico utilizado. Foto: A. Cuéllar .....	88
Figura 58. Ejemplo de espectro obtenido en análisis térmico. ....	89
Figura 59. Difractograma de un suelo claro de Peralta. Se observa la presencia de caolinita.....	90
Figura 60. Imagen de los morteros detectados en los sitios de estudio. Fotos superiores e inferior derecha: A. Cuéllar. Foto inferior izquierda: E. Cárdenas.....	96
Figura 61. A la izquierda se observa un aplanado (parte blanca) procedente de Plazuelas donde se observan las improntas de fibras vegetales. A la derecha aplanado en el que se distinguen las líneas provocadas por el objeto con el que se alisó. Procedencia: Peralta, Guanajuato. Fotos: A. Cuéllar .....	97
Figura 62. Las flechas indican la superposición de varias capas de aplanado, las cuales son homogéneas indicando que no se trata simplemente de una reparación. La flecha punteada señala la presencia de grava roja comúnmente usada en los aplanados. Procedencia: las imágenes izquierda y central pertenecen a la Estructura 1 de Zaragoza y la imagen derecha a Plazuelas. Fotos: A. Cuéllar .....	98
Figura 63. A la izquierda imagen de un piso de Peralta y a la derecha imagen de un piso de Zaragoza ambos vistos al microscopio. Aumento 5x. Se observan los líticos característicos de los pisos. Foto: A. Cuéllar .....	99

Figura 64. A la izquierda imagen de un piso in situ ubicado en el sitio de Plazuelas. A la derecha fragmentos de un piso del sitio de Peralta con el típico color blancuzco. El cambio en la coloración del primer ejemplo se deberse a la exposición al fuego. Fotos: A. Cuéllar .....	99
Figura 65. Comparativo de pisos y aplanados vistos al microscopio estereoscópico. Todos a un aumento de 5x. Se observan las similitudes entre ambos tipos de morteros. ....	100
Figura 66. Imagen donde se observa el uso de los morteros de nivelación (señalado con la flecha amarilla) en donde la piedra se encuentra con mayores irregularidades y mediante el uso del mortero se empareja el área para colocar posteriormente el aplanado. La flecha punteada indica un mortero aplicado recientemente durante los trabajos de excavación y consolidación. Fotos: A. Cuéllar.....	101
Figura 67. Imagen al microscopio de un cementante. Se observa la gran cantidad de improntas o huellas de fibras vegetales. Procedencia: Plazuelas Fotos: A. Cuéllar.....	101
Figura 68. La foto de la izquierda y central pertenecen al sitio de Plazuelas donde se observan recintos con mampostería de piedra y de donde se obtuvieron algunas de las muestras de bajareque (Fotos: Jorge Quiroz). A la derecha Unidad Habitacional del Recinto de los Gobernantes en Peralta. En este caso los muros eran de adobe (Fuente: Efraín Cárdenas, Segundo Informe, Peralta 2010, p.156).....	102
Figura 69. Imagen de un sistema de terrado detectado en excavación. Imagen tomada de Fernando Báez Urincho. “El Edificio 4, un Palacio en Tula Grande, el Aposento del Rey Tolteca”, FAMSI, 2008, p. 36.....	103
Figura 70. A la izquierda, resto de mortero de terrado proveniente de las excavaciones en La Joya, Veracruz. A la derecha se observa la similitud con los morteros encontrados en Plazuelas, Peralta y Zaragoza. Fuente foto izquierda: Annick Daneels y Luis Fernando Guerrero Baca, “Millenary Architecture in the Tropical Lowlands of Mexico”, en <i>APT Bulletin</i> , Vol. 42, No. 1, 2011, p. 13. Fuente foto derecha: Tomada por A. Cuéllar.....	104
Figura 71. Conjunto Gotas en el Cóporo. A la derecha fragmento de terrado encontrado en campo. Fotos: A. Cuéllar .....	105
Figura 72. A la derecha una casa contemporánea ubicada en Plazuelas con el uso de petate en el techo. A la derecha fragmento de mortero con huellas de algún tejido similar al petate. También procede de Plazuelas. Fotos: A. Cuéllar .....	105
Figura 73. Reconstrucción hipotética de un terrado de acuerdo a las evidencias encontradas en los morteros de bajareque. Dibujo: Jorge Quiroz.....	106
Figura 74. Corte estratigráfico ilustrativo de Plazuelas donde se observa y distingue el uso de suelos claros y oscuros en la elaboración de morteros según su función constructiva. Esto se repite en Peralta y Zaragoza. Dibujo: Jorge Quiroz.....	107
Figura 75. A la izquierda aplanado y mortero de nivelación de una etapa anterior. A la derecha aplanado en la última etapa constructiva del Basamento Este de Plazuelas. La flecha punteada indica el mortero de nivelación y las continuas el aplanado. Fotos: A. Cuéllar.....	108
Figura 76. En la imagen izquierda se observan dos etapas constructivas de un montículo del sitio de Plazuelas. En la parte superior se encuentra una etapa más temprana, donde se percibe un trabajo más burdo en la piedra y en la parte inferior o primer plano se puede ver un trabajo más fino en la estereotomía. A la derecha imagen de tres etapas distintas de un montículo donde se evidencia el cambio en el trabajo de la estereotomía que provoca un cambio en la aplicación del mortero de nivelación. Fotos: A. Cuéllar .....	108
Cuadro 1. Tabla comparativa de los sitios de estudio.....	63
Cuadro 2. Tabla sintética de los resultados obtenidos mediante los Límites de Atterberg y granulometría.....	74
Cuadro 3. En el recuadro superior se observa la presencia de abundante manganeso para el pigmento analizado procedente del sitio Plazuelas y en el recuadro interior se observa la presencia mayor cantidad de hierro para el pigmento rojo procedente del sitio El Cóporo.....	92



## INTRODUCCIÓN

A lo largo de su historia, el hombre prehispánico desarrolló una serie de conocimientos esenciales para el desarrollo de la vida cotidiana de las sociedades, varios de ellos fundamentales para su supervivencia como la medicina tradicional, la astronomía, la agricultura y la alfarería, todos muestra de una excelente adaptación al medio ambiente. Esto se logró a través de la constante observación y experimentación de un conjunto de fenómenos naturales y especialmente aprovechando los recursos naturales al alcance, con el objetivo de desarrollar técnicas para, de esta manera, aplicarlas a la vida diaria.

Entre estos conocimientos encontramos el desarrollo de técnicas y sistemas constructivos que varían en gran medida dependiendo de las condiciones y materias primas disponibles en cada lugar, el clima, la época, la organización social, etc. No obstante, un elemento fundamental para cualquier sociedad es la tierra, prácticamente al alcance de todos y en cualquier tiempo. Éste es uno de los elementos más importantes dentro de la arquitectura prehispánica en México, pues se usa de diferentes formas tanto en construcciones hechas a base de tierra (adobes, tapial) como en estructuras con mampostería de piedra para la preparación de morteros con diversas funciones constructivas como unir mampuestos, en aplanados, pisos, cubiertas de terrado y paramentos. Así pues, parte importante en los sistemas constructivos es el uso de morteros con diversas funciones, elementos centrales en esta investigación.

El estudio de las técnicas, las cuales se refieren a una serie de pasos para alcanzar un objetivo, y de las tecnologías, que ya involucran una serie de conocimientos relacionados, por ejemplo, con la selección de ciertos materiales y el por qué de dicha selección, con la producción de los morteros, la selección y realización de las técnicas, nos permiten adentrarnos a las sociedades que las produjeron, además de extraer información para en un dado caso aplicarla a su conservación.<sup>1</sup> De ahí que en este trabajo se haya centrado la atención en el estudio de los morteros de la Vertiente del Lerma Medio con lo que se logró identificar la existencia de una tradición tecnológica en la manufactura de morteros, trabajo que en definitiva no ha concluido, pero que sí representa el inicio de una línea de investigación que en el futuro será necesaria para lograr su conservación.

Existe una gran cantidad de sitios arqueológicos en cualquier parte del país y de diversas etapas en los que se recuperan numerosas muestras de morteros gracias a excavaciones procedentes de

---

<sup>1</sup> Estos términos se tratarán más ampliamente en capítulos posteriores.

diferentes contextos (áreas habitacionales, espacios rituales, centros ceremoniales). Lamentablemente, en muchas ocasiones, y por supuesto sin generalizar, en el mejor de los casos se recuperan guardándolos en una bolsa, dejándolos en el olvido y generalmente sin ni siquiera observar o registrar su contexto preciso, es decir, si provienen de una cubierta, paramento, piso, o su posición, datos que mediante el entendimiento de los procesos de destrucción o formación del contexto arqueológico nos pueden llevar a reconstruir su ubicación original y, por tanto, definir a qué pertenecía.

En el peor de los casos se tiran con el resto de la tierra extraída de las excavaciones, por el hecho de confundirse con ésta o pasarse por alto su presencia, a pesar de que son parte fundamental (y testigos o evidencias) no solo de los sistemas constructivos y sus técnicas de manufactura sino de la vida de las sociedades que los produjeron. Por supuesto, parte innegable en su deterioro y pérdida es el carácter mismo del material y la falta de técnicas apropiadas para su conservación, lo cual comienza con el desconocimiento de los materiales y las técnicas de manufactura, estudios que pretenden iniciarse con esta investigación, aunque reconociendo que aún falta mucho camino por recorrer. Indudablemente el primer paso para la conservación es la concientización sobre su importancia y sobre la necesidad de un registro sistemático, pues sólo esto nos permitirá no sólo conocer la tecnología involucrada y lograr reconstrucciones más certeras del hecho arquitectónico en su totalidad, sino crear técnicas adecuadas de conservación.

Por otra parte, es muy común que se trate de aplicar técnicas de conservación que han funcionado en otros lugares, sin embargo, no debe ser así, pues en nuestro país existe una gran diversidad de ambientes con características propias, además de que cada material es diferente y debe ser estudiado de manera independiente dentro de su contexto. Aunado a esto, la diversidad cultural puede hacer que las tecnologías varíen de un lugar a otro. En realidad ¿cuánto conocemos de las técnicas prehispánicas de construcción relacionadas con el uso de la tierra? e incluso, ¿cuánto de estas técnicas permanecen en la actualidad? Alrededor pueden surgir una gran cantidad de preguntas, pero no podrán responderse si no comenzamos a indagar los restos materiales que se han recuperado a lo largo de diversos años. El material está presente, sólo es necesario acudir a diferentes disciplinas que nos permitan descubrir y entender su naturaleza.

Así pues, es evidente la necesidad de rescatar, estudiar y resaltar la importancia del estudio de los morteros prehispánicos y su tecnología, pues son parte fundamental de la arquitectura y su estudio nos permitirá en un futuro desarrollar técnicas más adecuadas para su conservación, además de proporcionar una gran cantidad de información de las sociedades que los crearon. Por otra parte, debe quedar claro que esta investigación es un primer acercamiento a su tecnología, pues su estudio

profundo requiere de una serie de técnicas analíticas y experimentales que junto con sus consecuentes interpretaciones resultan inalcanzables para esta etapa del trabajo.

Los morteros centrales en esta investigación fueron obtenidos durante diversas excavaciones en la región denominada Vertiente del Lerma Medio, la cual abarca el Bajío y las laderas que forman dicha planicie aluvial<sup>2</sup> (parte de Michoacán y Guanajuato, así como una porción de Jalisco y Querétaro). En esta región hubo desarrollos locales sobresalientes y su relevancia también resalta por su ubicación geográfica al ser una zona de confluencia cultural y de tránsito muy importante ubicada entre las regiones de Occidente, Centro y Norte de México, lo cual evidentemente favorecía la heterogeneidad cultural. La temporalidad de estudio es el Epiclásico, periodo que va aproximadamente del año 600 a 900 d.C. y en el que se tienen evidencias de notables sitios y desarrollos culturales entre los que se encuentran los sitios que se estudiaron en esta investigación. Algunos muestran evidencias de etapas de ocupación más antiguas, pero al menos en este periodo coexistieron y tuvieron algún tipo de relación, además como se verá, el tiempo es fundamental en una tradición y el estudio de muestras de diferentes temporalidades era necesario.

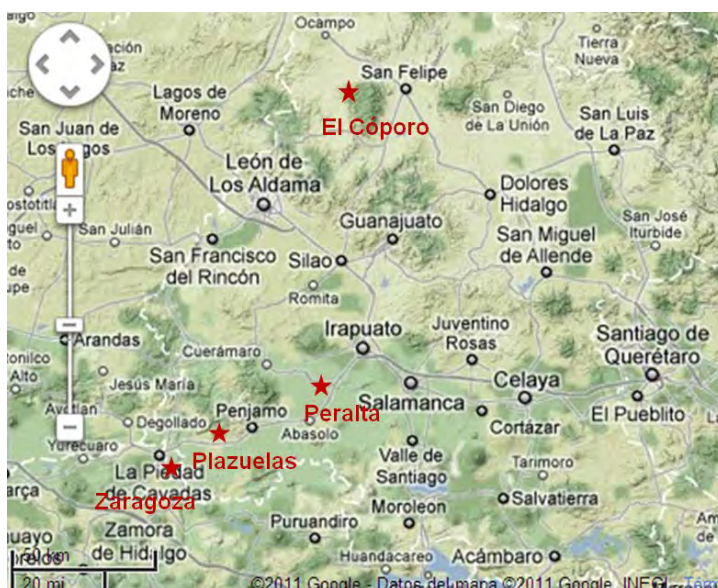


Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio.

Fuente: mapa base Google Earth.

Evidentemente los tres sitios seleccionados presentan el uso de morteros en su construcción<sup>3</sup> y, a pesar de ciertas diferencias en cuanto a sus características o diseños arquitectónicos, los tres los usan

<sup>2</sup> Efraín Cárdenas, *Significado histórico y prácticas culturales. Un análisis espacial de Peralta, Guanajuato*, Tesis de Doctorado en Arquitectura, PIDA-UMSNH, 2011, p. 12.

<sup>3</sup> Es importante aclarar que prácticamente en todo el país se tiene la presencia del uso de morteros en la arquitectura, sin embargo, en cada lugar con características propias, por ejemplo, en la zona maya o en el centro de México, donde los estudios muestran técnicas muy específicas en su elaboración y en los materiales utilizados.

para aplanados, pisos y para pegar piedra, a simple vista, de manera similar, además de que todos desarrollaron de forma muy semejante la tecnología alfarera (diseños, formas, acabados), ambas tecnologías a partir del uso de la tierra. Esto nos llevó a preguntarnos si en la fabricación de morteros se podía hablar de una tradición tecnológica regional o si cada sitio tenía su propia tecnología, pues a pesar de que es evidente una tradición en el uso de la tierra para fines constructivos en todo el país y en todo el mundo, las técnicas de manufactura y sus implicaciones (procedimientos, función social, prácticas sociales) pueden variar en cada lugar. Como ya se mencionó, la diversidad biótica del país impide una homogeneidad absoluta y si agregamos la diversidad cultural, las variantes pueden hacerse notar y mayor cuidado debe tomarse si se pretende aplicar cualquier técnica de conservación.

En varias de las muestras de morteros procedentes de diferentes lugares de la región se han observado algunas diferencias morfológicas, de dureza, compactación, color, lo cual puede deberse a diversos factores: a las características o propiedades de los materiales, a la técnica de manufactura, a la función, a aspectos culturales, por mencionar algunos. Por lo tanto, tenemos como objeto de estudio la tecnología centrándonos en la relación existente entre los componentes y técnicas de manufactura de los morteros con las diferentes funciones arquitectónicas a las que fueron destinados (es decir, materiales-técnica-función).<sup>4</sup>

Son muy pocos los estudios que han abordado este tipo de restos arquitectónicos para la época prehispánica y, los que lo han hecho, mayormente se enfocan principalmente al conocimiento de sus propiedades para su conservación pero de morteros hechos principalmente a base de cal, que ya de por sí, se trata de morteros con propiedades y características diferentes, así que su proceso de manufactura y por tanto, sus técnicas de conservación no pueden ser las mismas. Muchos trabajos también se enfocan al estudio de los morteros de cal pero para época colonial, del mismo modo para conservación de monumentos históricos. Ejemplo de ello es el caso de Martínez *et. al.*<sup>5</sup>, Álvarez, *et. al.*<sup>6</sup> y Bedolla,

---

<sup>4</sup> Esto surge de la premisa ya mencionada de que cada material debe estudiarse en su contexto y en este caso el interés se centra en la caracterización de los morteros (materiales), pero entendiendo su relación con la función que desempeñan, lo cual muy probablemente también implique una relación directa con las técnicas de manufactura. La relación entre estos elementos es fundamental para avanzar en el conocimiento dirigido a su conservación.

<sup>5</sup> W. Martínez, *et. al.*, "Comportamiento mecánico de morteros de cal apagada artesanalmente, adicionados con mucílago de cactácea y ceniza volcánica, para su uso en restauración y conservación de monumentos coloniales.", en *Revista de la Construcción*, vol. 7, núm. 2, Chile, 2008, pp. 93-101.

<sup>6</sup> Aurelio Álvarez Pérez, *et al.*, "El tapial y los morteros de cal en las construcciones históricas de Tiripetío (Morelia, México)", en *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, Mecla no.11, 2009.

*et. al.*<sup>7</sup> Por otra parte, hay importantes estudios que se enfocan a la arquitectura de tierra, pero con mayor énfasis en técnicas como el adobe, el tapial y el bajareque, así como su conservación<sup>8</sup>.

Los estudios de morteros prehispánicos de cal, su tecnología, deterioros y conservación se centran, por ejemplo, en la zona maya, como en los trabajos de Littmann, quien realizó una serie de estudios en morteros de diversos sitios encontrando una relativa uniformidad en la composición de agregados de cal que sugería la transmisión de una fuerte tradición en un amplio periodo de tiempo.<sup>9</sup>

Ramírez de Alba *et. al.*<sup>10</sup> se enfocan en estudios comparativos en Comalcalco, Toniná, Palenque y Yachilán, donde efectuaron investigaciones en morteros para entender el desarrollo y uso de materiales cementantes en la cultura maya primero con el objetivo de ver si había diferencias en su composición química. Emplearon estudios de caracterización microestructural, análisis químico elemental, análisis de difracción y espectrografía, con lo que llegan a la conclusión de que hay una variabilidad en cuanto a los componentes, por lo que la fabricación no era estandarizada, sin embargo, encontraron patrones comunes que sugieren la existencia de reglas para la fabricación del cemento.

Santizo<sup>11</sup> hizo un estudio en el sitio arqueológico maya de Quiriguá, Los Amates en Guatemala, con una ocupación de 478-850d.C. Se centró en el estudio de uno de los edificios para analizar su sistema constructivo y caracterizar sus morteros. En este caso, como el propósito final era

---

<sup>7</sup> J. Alberto Bedolla Arroyo, *et. al.*, “Aditivos orgánicos en morteros de cal apagada en la edificación histórica”, en *Ciencia Nicolaita*, No. 51, julio de 2009, pp. 153-166.

<sup>8</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, *Arquitectura de tierra*, Colección CYAD, Universidad Autónoma Metropolitana, 1993.

*Ídem*, “La Pérdida de la arquitectura de adobe en México”, en *Heritage at Risk*, 2006/2007.

*Ídem*, “Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva”, en *Apuntes*, Vol. 20, núm. 2, 2007, pp. 182-201.

Luis Fernando Guerrero Baca y Francisco Uviña Contreras, “Interpretación del patrimonio tradicional construido en tierra como factor de desarrollo”, en *Boletín GC: Gestión Cultural*. No 8: Interpretación del patrimonio cultural del Portal Iberoamericano de Gestión Cultural, junio de 2004.

<sup>9</sup> Edwin R. Littman, “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Comalcalco, Part I”, en *American Antiquity*, Vol. 23, No. 2, 1957, pp. 135-140.

*Ídem*, “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Comalcalco, Part II”, en *American Antiquity*, Vol. 23, No. 3, 1958, pp. 292-296.

*Ídem*, “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Las Flores, Tampico”, en *American Antiquity*, Vol. 25, No. 1, 1959a, pp. 117-119.

*Ídem*, “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Palenque, Chiapas”, en *American Antiquity*, Vol. 25, No. 2, 1959b, pp. 264-266.

*Ídem*, “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: The Puuc Area”, en *American Antiquity*, Vol. 25, No. 3, 1960, pp. 407-412.

*Ídem*, “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Floor Constructions at Uaxactun”, en *American Antiquity*, Vol. 28, No. 1, 1962, pp. 100-103.

*Ídem*, “The Classification and Analysis of Ancient Calcareous Materials”, en *American Antiquity*, Vol. 31, No. 6, 1966, pp. 875-878.

*Ídem*, “Patterns in Maya Floor Construction”, en *American Antiquity*, Vol. 32, No. 4, 1967, pp. 523-533.

<sup>10</sup> H. Ramírez de Alba, *et. al.*, “Materiales cementantes y concretos en las antiguas culturas americanas”, en *Ingeniería Revista Académica*, Redalyc, vol. 14, Núm. 1, enero-abril, Universidad Autónoma de Yucatán, 2010, pp. 67-74.

<sup>11</sup> Miriam Santizo de Polanco, *Arquitectura prehispánica, edificio 1B-6 y su sistema constructivo, Quirigua, Los Amates, Izabal*, Tesis de Maestría en Arquitectura, Guatemala, 2008.

su conservación, hizo también un análisis de las patologías y las causas de deterioro que provocaban la disgregación y desintegración de los morteros, además de elaborar un mortero apto para los trabajos de restauración. También identificó algunas diferencias en las composiciones de los morteros obtenidos de distintos contextos.

Abrams en Piedras Negras<sup>12</sup> recolectó diversas muestras de aplanados con el fin de encontrar similitudes y diferencias químicas tanto dentro de un mismo edificio como de varios utilizando la fluorescencia de rayos X. Villaseñor y Graham en Calakmul<sup>13</sup> estudiaron la composición y morfología de cenizas volcánicas y vidrios integrados en aplanados para producir efectos puzolánicos o reacciones hidráulicas. Las técnicas utilizadas fueron petrografía y SEM-EDS (scanning electron microscopy with energy dispersive spectrometry).

Goodall, *et. al.* en Copán<sup>14</sup> estudiaron pigmentos utilizados en estucos a través de espectroscopía Micro-Raman para comprender las técnicas de producción de los materiales utilizados. Magaloni *et. al.*<sup>15</sup> enfocaron sus estudios en pinturas murales para descifrar las técnicas de elaboración usando difracción de rayos X, microscopía óptica y GC/MS (gas chromatography/mass spectroscopy).

En el centro de México algunos ejemplos son los trabajos como el de Murakami, *et. al.*<sup>16</sup>, quienes caracterizaron el grado de calcinación de la cal en aplanados de Teotihuacan a través de catadoluminiscencia encontrando un cambio diacrónico que indicaba cambios en la organización de la producción de cal. Por su parte, Magaloni hizo estudios en Cacaxtla<sup>17</sup> centrándose en el análisis de las técnicas pictóricas, pero en esta ocasión para crear una metodología para su estudio.

En otras partes del país como el Tajín, se han efectuado trabajos como el de Rivera Villarreal<sup>18</sup>, quien ha utilizado en sus investigaciones diferentes técnicas aplicadas al conocimiento de los morteros

---

<sup>12</sup> Elliot M. Abrams, John Parhamovich, Jared A. Butcher Jr., Bruce McCord, "Chemical composition of architectural plaster at the Classic Maya kingdom of Piedras Negras, Guatemala", en *Journal of Archaeological Science*, Núm. 39, 2012, pp. 1648-1654.

<sup>13</sup> Isabel Villaseñor y Elizabeth Graham, "The use of volcanic materials for the manufacture of pozzolanic plasters in the Maya lowlands: a preliminary report", en *Journal of Archaeological Science*, Núm. 37, 2010, pp. 1339-1347.

<sup>14</sup> R.A. Goodall, *et. al.*, "Raman microprobe analysis of stucco samples from the buildings of Maya Classic Copan", en *Journal of Archaeological Science*, Núm. 34, 2007, pp. 666-673.

<sup>15</sup> Diana Magaloni, *et. al.*, "An analysis of mayan painting techniques at Bonampak, Chiapas, Mexico", en *Material Research Society Symposium Proc.*, Vol. 352, 1995, pp. 381-388.

Diana Magaloni, *et. al.*, "Studies on the mayan mortars technique, en *Material Research Society Symposium Proc.*, Vol 352, 1995, pp. 483-489.

<sup>16</sup> T. Murakami, *et. al.*, "Characterization of Lime Carbonates in Plasters from Teotihuacan, Mexico: Preliminary Results of Cathodoluminescence and Carbon Isotope Analyses", en *Journal of Archaeological Science*, 2012.

<sup>17</sup> Diana Magaloni, *Metodología para el análisis de la técnica mural prehispánica: El Templo Rojo de Cacaxtla*, Colección Científica-INAH, 1994.

<sup>18</sup> Raymundo Rivera Villarreal, "El extraordinario concreto prehispánico. Parte III. El cálculo mineralógico aplicado a los monumentos antiguos", en *Ciencia UANL*, año/vol. IV, número 001, enero-marzo, Monterrey, 2001a, pp. 12-19.

prehispánicos de cal, como identificación geológica y petrográfica, microscopía óptica y electrónica de barrido, cálculo mineralógico, difracción con rayos X, termogravimetría y análisis térmico diferencial. Sus estudios se basaron primeramente en resultados obtenidos en el análisis de morteros en otras partes del mundo para aplicarlos posteriormente a morteros provenientes de la época prehispánica. En uno empleó el análisis mineralógico cuantitativo que le proporcionó información sobre la composición de los morteros, sobre sus efectos puzolánicos y sobre los procesos de degradación de los materiales de construcción. El autor hizo referencia a los problemas o dificultades que presentan estos tipos de estudios para conocer datos precisos de los morteros. Uno de sus principales intereses era entender los efectos puzolánicos que presentan los morteros y distinguir si tal efecto era intencional o fortuito.

También se tienen trabajos importantes en sitios con arquitectura de tierra, que incluyen por supuesto el análisis en morteros del mismo material como los del norte de México en Paquimé<sup>19</sup> y en Veracruz en la Joya de San Martín Garabato.<sup>20</sup> En este último trabajo destaca el hecho de que se trata de una excavación específica cuyo principal objetivo era obtener información sobre sistemas constructivos para conservación, por lo que realizaron excavaciones sistemáticas para indagar en la construcción del sitio a base de tierra. Análisis como fluorescencia de rayos X, difracción de rayos X, petrografía, índices de plasticidad, espectroscopía FTIR y análisis botánicos ayudaron a lograr los objetivos.

En la Vertiente del Lerma Medio y regiones aledañas casi no contamos con información referente a este tipo de tecnologías, solo se ha documentado su existencia y algunas características generales sin una mayor profundidad. De los trabajos más completos está el de Nicolau en El Cópore, Gto., quien hizo su estudio técnico y experimental con miras a la conservación de la arquitectura de tierra presente el sitio.<sup>21</sup> En Cañada de la Virgen, Zepeda analizó algunos morteros para conocer

---

*Ídem*, “El extraordinario concreto prehispánico. Parte IV. El cálculo mineralógico aplicado al concreto del techo del edificio «Y» de «El Tajín»”, en *Ciencia UANL*, año/vol. IV, número 002, abril-junio, Monterrey, México, 2001b, pp. 130-136.

<sup>19</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, “La Pérdida de la arquitectura.”, *op. cit.*

<sup>20</sup> Annick J.E. Daneels, “Monumental Earthen Architecture at La Joya, Veracruz, México”, FAMSI, 2008, <http://www.famsi.org/reports/07021/>

Annick Daneels y Luis Fernando Guerrero Baca, “Millenary Architecture in the Tropical Lowlands of Mexico”, en *APT Bulletin*, Vol. 42, No. 1, 2011, pp. 11-18.

<sup>21</sup> Armando Nicolau Romero, *Conservación de la arquitectura de tierra: Estudio de caso en el sitio arqueológico El Cópore*, Tesis de Maestría en Restauración de Sitios y Monumentos, Facultad de Arquitectura, Universidad de Guanajuato, 2008.

algunos de los componentes en la pintura mural, pero sin profundizar en su estudio.<sup>22</sup> En Plazuelas, Castañeda igualmente analizó de manera general algunos morteros y arcillas de la región también con miras hacia la conservación.<sup>23</sup>

Así pues, en la Vertiente del Lerma Medio se hizo notar la falta de estudios más específicos y sobre todo con un enfoque a nivel regional, pues como ya se mencionó, el material principal en su composición es la tierra, lo cual no puede compararse directamente con otras técnicas efectuadas en otras regiones de Mesoamérica. A partir de la observación de diversos morteros en la región surgió la pregunta central que orientará esta investigación:

### **Pregunta principal o rectora:**

¿Existe una tradición tecnológica de morteros en el área de estudio durante el periodo Epiclásico?

Algunas de las preguntas que acompañaron a nuestro interés regional tienen que ver con las siguientes preguntas secundarias que por supuesto servirán de soporte para la rectora:

### **Preguntas secundarias:**

- ¿Cuáles son los componentes principales de los morteros prehispánicos en los sitios de estudio?
- ¿Cuáles son las diferencias de los morteros según su función o uso constructivo?

Para responder a estas preguntas se eligieron tres sitios contemporáneos de la región con diseños arquitectónicos de cierta manera distintos (muestra de la heterogeneidad cultural que caracteriza a la región) pero con ciertas semejanzas en sus sistemas constructivos y en otras tecnologías como la alfarería que nos muestran sus relaciones sociales o interacciones tanto entre sí como con otras regiones del Norte, Centro y Occidente. Además se eligió un cuarto sitio fuera de la región (en los límites) como punto comparativo, el cual resalta por la importancia de su arquitectura de tierra y con el que también había interacción. Los sitios son Plazuelas y Peralta en el bajío guanajuatense, y Zaragoza, al noroeste de Michoacán. El cuarto sitio externo a la región, aunque en sus límites, es El Cóporo (al norte de Guanajuato).

---

<sup>22</sup> Gabriela Zepeda, “Cañada de la Virgen, San Miguel de Allende. La Casa de los Trece Cielos y La Casa de la Noche más larga”, en Carlos Castañeda *et. al.*, *Zonas arqueológicas en Guanajuato. Cuatro Casos: Plazuelas, Cañada de la Virgen, Peralta y El Cóporo*, Guanajuato, Editorial La Rana, 2007, pp. 71-182.

<sup>23</sup> Comunicación personal Carlos Castañeda, 2012.

Las características de los sitios nos llevaron a elegirlos para este estudio debido a que son representativos de esa diversidad cultural de la región y, dos de ellos, Plazuelas y Zaragoza, al ser bastante similares entre sí, nos permitió también tener un marco de referencia en términos comparativos. Todas sus similitudes y diferencias muestran la importancia de la región como una zona de confluencia cultural en la que interactuaron diversos grupos con desarrollos locales importantes creando prácticas y conocimientos similares.

De esta manera, los objetivos principales y secundarios se definen de la siguiente manera:

### **Objetivos**

- Identificar patrones en las técnicas de manufactura y uso de morteros en los diferentes sitios de estudio.
  - Ampliar el conocimiento de los sistemas constructivos prehispánicos y de las tecnologías aplicadas a morteros en el área de estudio durante el periodo Epiclásico y contribuir al conocimiento de las sociedades prehispánicas de la región.
  - Aportar datos para entender el fenómeno arquitectónico de la región como parte de la historia de la arquitectura y urbanismo mesoamericano.
- Identificar los componentes esenciales o básicos (caracterización) y avanzar en el conocimiento de las técnicas de manufactura empleadas en diferentes morteros.
- Detectar diferencias en los morteros según su función constructiva.
  - Proporcionar información para en estudios posteriores mejorar las técnicas de conservación de morteros y, por consiguiente, de estructuras prehispánicas.
- Detectar diferencias y similitudes en los morteros de los diferentes sitios de estudio.

Por supuesto además surgen una gran cantidad de preguntas que pueden ser guía para numerosas investigaciones, pero en esta ocasión el interés general versa sobre la existencia de ciertos patrones compartidos entre diversos sitios de la región, por lo que la hipótesis principal que se propuso para este trabajo es la siguiente:

### **Hipótesis principal:**

A pesar de ser la vertiente del Lerma Medio una región cultural heterogénea producto de la interacción de desarrollos locales y foráneos, existe una tradición constructiva de morteros de tierra usados en muros, pisos y cubiertas identificable en el periodo Epiclásico con ciertas

variantes locales. Dicha persistencia indica un conocimiento tecnológico compartido y mejorado a través del tiempo, subsistiendo gracias a su eficiencia y disponibilidad de materia prima.

Para lograr todos estos puntos, la metodología que se siguió reunió a varias disciplinas como la arquitectura, la arqueología y las ciencias duras aplicadas al estudio de objetos patrimoniales o arqueometría, que aportaron información que permitió, por una parte, contextualizar y entender los materiales y su función y, por otra parte, alcanzar el tipo de información que únicamente pueden proporcionar las técnicas analíticas para caracterizar los materiales a nivel microscópico.

De esta manera, la metodología consistió en la selección de los sitios de acuerdo a sus características, es decir, que fueran reflejo de esa heterogeneidad cultural, pero también que manifestaran prácticas culturales comunes. Posteriormente fue fundamental la selección de morteros que cumplieran con los objetivos de este trabajo, es decir, que fueran muestra de diversos usos o funciones constructivas.

Para su análisis fue elemental, por una parte, la lectura del contexto arqueológico que ayudó a inferir la función de los morteros y relacionarla con su morfología, lo cual posteriormente se contrastó con la información proveniente de la aplicación de diversas técnicas analíticas, como es el caso de la fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX), análisis térmico y técnicas con haces de iones (PIXE), al caracterizar química y mineralógicamente las diversas muestras de morteros y compararse con el mismo tipo de caracterización pero de muestras de suelo sano (es decir, suelo sin tratamiento alguno) obtenidas de las cercanías de cada uno de los sitios, mismas que corresponden a suelos similares a los que contienen los morteros y que nos permitió entender qué tanto se modificaron de su forma original y por qué del uso de ciertos materiales.

Las muestras de las que se tenía certeza de su procedencia, es decir, de su contexto específico, fueron fundamentales para este estudio puesto que se tenía seguridad de su función. Su morfología y dimensiones nos ayudaron a identificar morteros que no contaban con un contexto específico, información que posteriormente se contrastó con los datos arrojados por las técnicas analíticas. De ahí se pudo obtener una clasificación general de los morteros, teniendo como resultado: aplanados (interior o exterior), pisos, bajareque (terrado o muro), morteros de nivelación y morteros de unión (para mampostería).

De manera general, el proceso metodológico se compone del siguiente recorrido:



Figura 2. Mapa conceptual que sintetiza el proceso metodológico realizado en este trabajo.

Este trabajo debe tomarse como una primera aportación y acercamiento a las técnicas desarrolladas en la región, pues a éste deben agregarse estudios de materiales provenientes de las nuevas excavaciones que se siguen llevando a cabo en algunos sitios y por supuesto las que vendrán en un futuro,<sup>24</sup> sin embargo, parte importante también es resaltar la importancia de estos materiales y de un registro adecuado tratando de identificar, sin perder el contexto, la piel de las diferentes estructuras o construcciones, antes de llegar a su esqueleto. Sólo esto dará la oportunidad de comprender de manera integral los sistemas constructivos empleados en la región y las técnicas desarrolladas en su construcción. Esto además nos permitirá enriquecer los datos que se presentan en este trabajo, donde reitero no se pretende llegar a proponer técnicas de conservación, sino aportar información para dicho propósito en trabajos futuros. Mi formación como arqueóloga me lleva a interesarme en el conocimiento de las culturas antiguas, en este caso de una tecnología en específico, sin embargo, la información que se generó de esta investigación podrá ser retomada por restauradores y especialistas en la materia que podrán generar técnicas pertinentes para la conservación de morteros con este tipo de características, por lo que debe quedar claro que este trabajo no formula técnicas de conservación. Como bien dicen en restauración, no podemos tratar a un enfermo si previamente no conocemos su estado sano.

Los capítulos de los que se forma este trabajo son los siguientes: En el capítulo 1 se habla del uso de la tierra en la arquitectura en general para centrarnos en su uso en los morteros. También se

<sup>24</sup> Es importante considerar en las futuras excavaciones la investigación de morteros como parte fundamental de los objetivos de los proyectos, solo de esta manera se tendrá mayor conocimiento no sólo de éstos sino de los sistemas constructivos y de la arquitectura en general, además de crear mayores posibilidades de conservación, elementos que se han mencionado reiteradamente en este trabajo.

hace un recorrido por los diversos morteros elaborados en diversas sociedades mesoamericanas para tener un marco de referencia sobre su uso, importancia y sus diferencias con nuestra región de estudio. En este caso no se busca hacer una exposición exhaustiva de cada una de las investigaciones y referencias que se tienen en toda Mesoamérica, sino dar un panorama general que sirva de marco de entendimiento para nuestro estudio en particular.

En el capítulo 2 se trata lo referente a la región de estudio, desde su contexto ambiental, fundamental para la caracterización y comprensión de los morteros, hasta la parte cultural, donde se habla de la problemática en la región, pues no se trata de una región como muchas otras definidas justamente por su homogeneidad en rasgos, sino de una región caracterizada por la heterogeneidad, es decir, con presencia de diversos grupos que confluyeron en un espacio rico en recursos. También se habla de las características particulares de cada sitio que nos muestran dicha diversidad. En este capítulo se incluye el sitio El Cóporo, que si bien los estudios demuestran que tiene un vínculo más bien hacia otra región, es un punto de referencia comparativo para nuestro estudio en cuestión por la importante presencia de arquitectura de tierra, por la relativa cercanía y por la existencia también de cierta interacción.

En el capítulo 3 se habla sobre toda la parte de aplicación de técnicas de las ciencias duras dedicadas al estudio de la arquitectura prehispánica. Se muestran las técnicas utilizadas y los resultados que arrojaron, capítulo que se cierra con el análisis de los datos obtenidos.

Finalmente en el capítulo 4 se discuten ya los datos en su totalidad, lo cual gira en torno a nuestras preguntas base, siendo la principal la existencia de una tradición tecnológica en la región, relevante no sólo por el conocimiento mismo de nuestros antepasados y su arquitectura, sino para futuros trabajos de conservación.

En las reflexiones finales por supuesto se hará un recuento o síntesis de lo alcanzado, pero también es fundamental el reconocimiento de futuras preguntas y líneas de investigación que de aquí surgieron.

## CAPÍTULO 1

### LA TIERRA EN LA ARQUITECTURA Y LA TECNOLOGÍA DE MORTEROS

Este capítulo tiene como objetivo no sólo mostrar un panorama general del uso de la tierra en arquitectura, principalmente de época prehispánica, sino definir los conceptos que fundamentan este trabajo.

Se habla del uso de la tierra en diferentes técnicas y sistemas constructivos utilizados en época prehispánica para definir algunos conceptos que frecuentemente se utilizan en la literatura y sobre todo cómo es que se aplicaron en este trabajo. Posteriormente se continúa con la definición de otros términos en torno a los cuales gira esta investigación y finalmente se habla del uso de los morteros en otras regiones de Mesoamérica.

#### 1.1 El uso de la tierra en arquitectura

Desde la antigüedad, el hombre ha echado mano de múltiples materiales que tiene a su alcance para erigir distintos tipos de construcciones, materiales de los que aprendió a conocer sus propiedades, características, posibilidades, debilidades, entre muchas otras cualidades y, con el paso del tiempo, los usó y modificó de acuerdo a sus necesidades. De ellos resaltan algunos tipos de piedra, una gran variedad de vegetales y la tierra, uno de los elementos más comunes en todo el mundo. Este material, además de su abundancia, proporciona una serie de posibilidades para su explotación en construcción, por lo que se ha empleado como parte de numerosos sistemas constructivos que la han aprovechado con diferentes fines. El uso de la tierra para la construcción, además se beneficia por la posibilidad de ser modificado para mejorar sus propiedades y conferirle otras cualidades. A esto se agregan el uso de minerales que se combinan con la tierra como puede ser la cal y el yeso, u otros aditivos tanto orgánicos como inorgánicos.

Todos ellos se mezclan de distinto modo para configurar sistemas constructivos que, aunque en apariencia muy similares, varían de región a región en cualquier parte del mundo dependiendo de una serie de factores que se conjugan para crear la arquitectura “tradicional” de cada lugar. Como bien menciona Moya, quien hace un análisis de la vivienda tradicional en todo el mundo, incluido México, se pueden observar “obras iguales, aunque no idénticas”,<sup>25</sup> de ahí la importancia de estudiar cada elemento en su propio contexto espacial e histórico.

---

<sup>25</sup> Víctor José Moya Rubio, *La vivienda indígena de México y del mundo*, México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, 3ª edición, 1988, p. 17.

Antes de continuar debemos definir lo que es un sistema constructivo. Según Santizo hace referencia a un “conjunto de reglas y principios enlazados entre sí que ordenadamente utiliza diversos materiales de manera que respondan a las condiciones de solidez, aptitud y belleza.”<sup>26</sup>. Este enunciado incluye el término de “belleza”, lo cual resulta ser muy subjetivo y puede no ser apto para una definición de sistema constructivo. Según el arquitecto Guerrero Baca:

“En función de este desarrollo [desde las etapas más primitivas hasta las más complejas del desarrollo de la cultura], así como de los recursos existentes en cada localidad, se generaron técnicas constructivas que emplearon la tierra con diversos grados de exclusividad y en combinación con otros materiales, para configurar lo que se conoce como sistemas constructivos<sup>27</sup>”.

Por su parte, Gómez Amador y Alcántara Lomelí los definen como un “Conjunto de materiales o elementos adheridos, trabados o articulados que trabajan unitariamente desde el punto de vista estructural”<sup>28</sup>.

Los sistemas constructivos y sus elementos varían dependiendo de numerosos factores como la región, la época, el clima, la materia prima disponible, la función y las características intrínsecas a los materiales, por lo que es importante también hacer un estudio de su contexto general y de sus componentes específicos, pero también difieren de acuerdo a aspectos culturales, ideologías, aspectos sociales, económicos. De esta forma, un sistema constructivo también hace referencia a cuestiones sociales y culturales, por lo que incluye todo un proceso que varía de un lugar a otro.

La edificación con tierra se ha desarrollado básicamente a partir de la transmisión de conocimientos de origen popular que, como todo saber tradicional, consisten en la manifestación de respuestas lógicas a necesidades locales, así como a las condicionantes y recursos que ofrece el medio natural. Se trata de una cultura constructiva que ha logrado avances [...] que por milenios desarrolló la sociedad a través de procesos de ‘selección artificial’, en donde las experiencias exitosas trascendían y los fracasos eran reemplazados.<sup>29</sup>

En ésta y en las definiciones antes mencionadas se hace referencia mayormente a cuestiones estructurales dejando de lado la parte cultural que es básica para el establecimiento de sistemas constructivos que detectamos en numerosos sitios de estudio, por lo que su lectura puede llevarnos a entender cuestiones no sólo materiales sino también culturales y sociales.

---

<sup>26</sup> Miriam Santizo de Polanco, *Arquitectura prehispánica, edificio 1B-6 y su sistema constructivo, Quirigua, Los Amates, Izabal*. Tesis de Maestría en Arquitectura, Guatemala, 2008, p.9

<sup>27</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, “Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva”, en *Apuntes*, Vol. 20, núm. 2, 2007, p. 191.

<sup>28</sup> Adolfo Gómez Amador y Armando Alcántara Lomelí, “El lenguaje oral de la tradición constructiva de Colima”, en: *Palapa*, vol. III, núm. II, julio-diciembre, 2008, Universidad de Colima, México, p. 24.

<sup>29</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, “Arquitectura en tierra...”, *op. cit.* p. 182.

Los grupos mesoamericanos, desde los periodos más tempranos, comenzaron a utilizar la tierra como parte de sus construcciones, en viviendas en combinación con materiales perecederos y en grandes edificaciones a base de arcilla compactada como los casos de la gran pirámide circular de Cuicuilco en el Centro de México<sup>30</sup> (posteriormente recubierta con piedra); o las pirámides de La Venta en Tabasco, donde la falta de piedra en las cercanías impulsó el aprovechamiento de la tierra como material de construcción en conjunto con otros materiales perecederos.

En prácticamente todas las regiones mesoamericanas y en sus diferentes periodos ocupacionales se han reportado sitios con diversos elementos arquitectónicos de tierra. Se pueden observar sistemas constructivos y técnicas tan variadas dependiendo de la región, sin embargo, se encuentran algunos elementos que podemos identificar a partir del uso de la tierra que por la relativa homogeneidad en sus características se trata de una técnica definida, ejemplos de ello son los más conocidos como el tapial, el bajareque y el adobe, a los que se puede agregar el de barro modelado. Menciono “relativa homogeneidad” debido a la existencia de ciertas variaciones locales como por ejemplo, el tamaño o la proporción. La tierra también se utilizó de numerosas formas, como por ejemplo, para cimentar estructuras y para nivelar plataformas.

A esto se puede agregar el uso de la tierra en diferentes tipos de morteros que varían según la función que vayan a desempeñar dentro del sistema constructivo, como por ejemplo, pisos o apisonados, aplanados, terrados, morteros de unión (para pegar diferentes mampuestos), entre otros, siendo éstos los más recurrentes sobre todo a nivel arqueológico. Todos estos elementos se mezclan para crear diferentes sistemas constructivos alrededor de todo el mundo y en diferentes épocas, desde la antigüedad hasta nuestros días y que no solo varían en cuanto a la disposición de los elementos sino también en cuanto a sus materiales.

Antes de continuar debe quedar claro que la tierra o suelo se puede emplear en la denominada arquitectura de tierra, la cual “...engloba toda la serie de estructuras en las que el suelo natural es acondicionado mediante procedimientos de humidificación, transformación y secado al sol, para edificar elementos constructivos que hagan posible la habitabilidad de los espacios”.<sup>31</sup> De esta manera, los morteros de suelo o tierra son parte importante dentro de la arquitectura de tierra, pero por otra parte, se emplean también dentro de la arquitectura cuya base es la piedra (u otros materiales), ya sea

---

<sup>30</sup> Carlos R. Morgain, “Pre-columbian architecture of Central Mexico”, en Robert Wauchope (ed.), *Archaeology of Northern Mesoamerica*. Part One, 1971, p. 49.

<sup>31</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, “Arquitectura en tierra...”, *op. cit.*, p. 184.

para pegarla, recubrirla, formar pisos o terrados. Sin embargo, en otros casos los morteros pueden elaborarse, por ejemplo, a partir de una base principal de cal.

Hago esta aclaración debido a que parte del objetivo de este capítulo es conocer diferentes técnicas que se han utilizado principalmente en época prehispánica a partir del uso de la tierra dejando muy en claro cuáles son sus características, diferencias y en qué formas pueden presentarse, pues lamentablemente es muy común que se generalice el uso de ciertos términos a todo aquello elaborado con tierra, causando distintas confusiones o problemas, por ejemplo, en el conocimiento real de la distribución de ciertas técnicas en el país.

El **adobe**, común desde época prehispánica, ha sido uno de los más difundidos y se usa en la formación de paramentos a partir de piezas elaboradas con tierra (arena y arcilla), fibras vegetales y agua con algún aglutinante que puede mejorar sus propiedades, utilizando moldes de madera de diversos tamaños.

En época prehispánica se tienen muchas referencias del uso del adobe en diversas construcciones de diferentes sitios. Ejemplo de ello es Tula, donde se han encontrado adobes formando algunas viviendas y en otros casos recubriendo o revistiendo estructuras piramidales.<sup>32</sup> También se usaba para la construcción de muros divisorios.<sup>33</sup>



Figura 3. A la izquierda vivienda y restos de un muro de adobe en Cuitzeo, Michoacán y a la derecha el uso de adobes en el sitio arqueológico El Cóporo, Guanajuato. Fotos: A. Cuéllar

El **bajareque**, también bastante común en época prehispánica, es una técnica muy utilizada en algunas regiones del país, principalmente en las costeras. Según la región, recibe diferentes nombres,

<sup>32</sup> Osvaldo José Sterpone, *Tollan a 65 años de Jorge R. Acosta*, Pachuca, Hidalgo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/INAH Hidalgo, Primera edición, 2007, p. 30,35.

<sup>33</sup> Fernando Báez Urincho, “El Edificio 4, un Palacio en Tula Grande, el Aposento del Rey Tolteca”, en FAMSÍ, 2008, p. 26.

como taipa en Brasil,<sup>34</sup> quincha en Sudamérica, enjarre o embarrado.<sup>35</sup> La técnica consiste en la elaboración de una estructura con algún tipo de carrizo y vegetales flexibles, la cual se recubre, por uno o a mbos lados, con un mortero de lodo arcilloso y fibras vegetales, además de algún tipo de aglutinante. Guerrero Baca<sup>36</sup> reporta otra variante de bajareque consistente en dos armaduras en lugar de una, colocadas una frente a la otra con una separación de 10 cm que se rellena con lodo y guijarros y se recubre con el mismo acabado antes mencionado.



Figura 4. Vivienda realizada con la técnica de bajareque. Ubicada en la zona maya. Fotos: A. Cuéllar

El **tapial** es la técnica menos común. Consiste en la elaboración de muros a partir de una cimbra o enconfrado de madera para construirlos por secciones. Dentro de la cimbra se coloca y apisona tierra y una vez terminada la sección, la cimbra se recorre para formar una nueva sección y así sucesivamente hasta terminar con los muros que formarán la vivienda. Esta técnica se ha encontrado desde época prehispánica principalmente en el norte del país, regiones donde no eran tan abundantes los vegetales que se requerían para las otras técnicas.

En la región de Casas Grandes, Chihuahua, México, se encuentran las llamadas “casas acantilado”, cuyo sistema se describe así por Guerrero Baca

El sistema utilizado consistía en la construcción de muros a base de secciones de hasta 4 metros de largo y 75 centímetros de alto, mediante el llenado y compactado de tierra arcillosa mezclada con gravilla, poca agua y ningún material orgánico, dentro de grandes moldes o cimbras hechas de tabloncillos de pino. [...] El muro se desplantaba directamente sobre el suelo, sin ninguna cimentación previa. Solamente se excavaba un pequeño canal longitudinal al centro del muro por levantar que sería como empotramiento al crearse una ‘espiga’ durante el llenado del cajón superior, presentando una mayor superficie de contacto y cierta penetración entre estructuras. [...] Los muros de este sistema presentan espesores mínimos de 50 centímetros, llegando a tener hasta 1.4 metros en las plantas bajas al aumentar el número de niveles de los edificios.<sup>37</sup>

<sup>34</sup> José Adán Espuna Mújica, *et. al.*, “La arquitectura con tierra y su variabilidad de experiencias”, en *Construcción con tierra*, número 2, Tamaulipas, México, s/f, p. 22.

<sup>35</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, “Arquitectura en tierra...”, *op. cit.*, p. 195.

<sup>36</sup> *Idem*, *Arquitectura de Tierra*, México, D.F., Colección CYAD, Universidad Autónoma Metropolitana, 1993.

<sup>37</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, *Arquitectura de Tierra*, *op. cit.*, p. 39.

Por el contrario, Gamboa menciona el uso del “**barro modelado**” como materia principal en la construcción de casas adosadas a las cuevas, así como graneros.<sup>38</sup> Estudios posteriores llevaron a Guerrero Baca a señalar que la técnica efectuada en estos sitios del norte como el caso de Paquimé no corresponde a la técnica de tapial, sino a la de barro modelado (con mayor cantidad de agua y no usa cimbra), pues las grietas que presenta y las huellas de la erosión son más bien evidencia del uso de más cantidad de agua a la utilizada comúnmente en el tapial.<sup>39</sup>

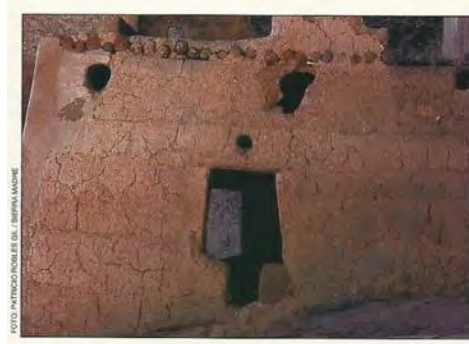


Figura 5. Casa acantilado de la Cultura Casas Grandes construida a partir de la técnica del tapial. Fuente: Gamboa, “Paquimé y el mundo de la cultura Casas Grandes”, en *Arqueología Mexicana*, Vol. IX, Núm. 51, 2001

En este ejemplo de las viviendas desarrolladas en el norte del país incluso se tienen evidencias de la construcción de varias plantas o niveles, restos que nos permiten ser testigos del conocimiento del medio ambiente y la destreza desarrollada por diversos grupos como respuesta a diferentes necesidades. Todo esto generó el desarrollo de una arquitectura con elementos de tierra con características sobresalientes y acordes a cada región y época determinada.

Otra técnica utilizada en algunas estructuras de centros ceremoniales de Mesoamérica y similar al tapial es el llamado “núcleos de tierra”, aunque su fabricación es muy elaborada. Se podía realizar a partir de dos técnicas:

La primera consistía en la colocación de dos muros de lajas rocosas ligadas con mortero de cal y separadas de 60cm a 1.80m o más, entre las cuales se iba arrojando tierra que se compactaba manualmente conforme se levantaba el muro. La segunda era inversa ya que se construía primero el núcleo de tierra con espesores similares al caso anterior y posteriormente se recubría el muro por ambas caras con lajas de piedra cuatrapeadas, junteadas también con un mortero de cal.<sup>40</sup>

Parte fundamental para completar no sólo esta conocida “arquitectura de tierra” sino cualquier tipo de arquitectura basada en el uso de diferentes materiales como la piedra y otros materiales

<sup>38</sup> Eduardo Gamboa Carrera, “Paquimé y el mundo de la cultura Casas Grandes”, en *Arqueología Mexicana*, Vol. IX, Núm. 51, 2001, p. 49.

<sup>39</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, comunicación personal, 2013.

<sup>40</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, *Arquitectura de Tierra*, op. cit., pp. 41-42.

percederos son los morteros. Su elaboración es crucial debido a que deben permitir la continuidad entre diversos elementos y/o su protección<sup>41</sup>, por lo tanto, sus características deben ir de acuerdo a la función que van a cumplir.

En general, un mortero “...es una mezcla de cementante, adhesivo o aglomerante, agregados pétreos y líquido de amasado, que puede ser agua o llevar disuelto algún aditivo.”<sup>42</sup> Otra definición nos dice que

Un mortero es un agregado artificial de varios componentes para uso constructivo, ya sea con una función estructural en sentido estricto, o para unir y/o revestir otros elementos de fábrica. Ciñéndonos al caso de “morteros antiguos” que son los de interés arqueológico, podemos definirlos como una mezcla de un aglomerante o cemento inorgánico (arcillas, yeso, cal, etc.), áridos y agua. Frecuentemente puede contener otros componentes inorgánicos u orgánicos (aditivos) con objeto de mejorar sus prestaciones o dotarlo de otras específicas.<sup>43</sup>

Esta otra definición hace referencia a algunos usos de los morteros, los cuales también son esenciales en esta investigación

Un mortero, o argamasa, es una mezcla de arena ligada por un aglomerante de cal, yeso ó cemento, y que sirve para dar trabazón a los elementos de una construcción arquitectónica, así como para cimentar, rellenar, revestir y reparar.<sup>44</sup>

Los morteros son elementos que se han venido utilizando en construcción desde los primeros tiempos, han tenido una misión doble: lograr continuidad entre materiales (fundamentalmente mamposterías); y, cubrir y proteger las superficies.<sup>45</sup>

No obstante, además de estos fines “prácticos” por así decirlo, es posible que tengan alguna función ritual, estética, entre otros. Para Salamanca Correa las funciones de los morteros son: función estética (dar acabado al muro, colorido, textura, etc.) y estructural (liga las unidades de mampostería, sello para impedir penetración de aire y de agua, se adhiere al refuerzo de las juntas y, de ser mampostería reforzada, envuelve, protege y actúa en unión de la armadura embebida).<sup>46</sup> De esta manera, los morteros pueden encontrarse con diversas funciones o usos constructivos como aplanados, que son aquellos que cubren y protegen las diversas estructuras como basamentos piramidales, apoyos corridos y aislados, e incluso las cubiertas; además de pisos, para unir mampuestos (por ejemplo piedra

<sup>41</sup> J. A. Bedolla Arroyo, et al., “Aditivos orgánicos en morteros de cal apagada en la edificación histórica”, en: *Ciencia Nicolaita* No. 51, Julio de 2009, p. 154.

<sup>42</sup> W. Martínez, et. al., “Comportamiento mecánico de morteros de cal apagada artesanalmente, adicionados con mucílago de cactácea y ceniza volcánica, para su uso en restauración y conservación de monumentos coloniales.”, en *Revista de la Construcción*, vol. 7, núm. 2, Chile, 2008, p. 95.

<sup>43</sup> Rodríguez Gordillo, José Francisco, “Morteros como elemento de estudio en arqueología-arqueometría medieval”, en *Arqueometría y arqueología Medieval*, Ed. Al-Baraka, Colección Nakla, Granada España, 2005, p. 173.

<sup>44</sup> Guarás, Blanca, “Petrología de morteros en arqueología, Catedral de Santa María de Vitoria Gasteiz”, en *Arqueología de la Arquitectura*, Núm. 2, 2003, p. 147.

<sup>45</sup> J.A. Bedolla et. al, *op. cit.*, p. 154.

<sup>46</sup> Rodrigo Salamanca Correa, “La tecnología de los morteros”, en *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, diciembre, número 011, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2001, p. 43.

o adobe), como bajareque, para unir el aplanado a la mampostería y terrados. Estos últimos son parte de un sistema de techumbres planas que consiste en

...un envigado de horcones lo más derechos que sea posible, colocados sobre las paredes y en posición ligeramente inclinada; sobre estos horcones se pone una capa de leños delgados, tableta, tejamanil, hojas de maguey prensadas, etcétera, encima de las que se coloca otra capa delgada de zacate seco y arriba de estas una capa gruesa de tierra, lodo o barro.<sup>47</sup>

Lógicamente el sistema varía dependiendo de la región, pero de manera general podría decirse que esas son las características de un terrado, donde el mortero del terrado corresponde a la capa de tierra o “entortado”.

El uso de la tierra en la elaboración de diversos morteros también es muy común en época prehispánica, donde se han encontrado diversas técnicas en diferentes regiones de Mesoamérica. En este momento no se ahondará en el tema de los diversos morteros, sus funciones y variedades en Mesoamérica debido a que será punto central del apartado 1.4.

Hoy en día, la llamada arquitectura tradicional ha ido cambiando poco a poco o se ha venido sustituyendo debido al surgimiento de nuevos materiales constructivos, sin embargo, de uno u otro modo el uso de la tierra permanece. Aquellas regiones donde aún podemos encontrar sistemas y técnicas tradicionales nos permiten suponer que es una tradición que se ha ido transmitiendo de generación en generación, sobre todo gracias a las evidencias arqueológicas provenientes tanto de excavaciones sistemáticas en restos de viviendas como en representaciones en cerámica y documentos etnohistóricos como los códices. Es fundamental el estudio de los sistemas prehispánicos para conocer realmente su continuidad o discontinuidad con aquéllos posteriores a la conquista y con los más actuales.

Es difícil determinar, de las técnicas mencionadas, qué tanto en realidad proviene de época prehispánica o europea debido a que prácticamente se pueden encontrar en ambos territorios desde tiempos ancestrales. Sin embargo, las investigaciones arqueológicas nos permiten conocer las características de la arquitectura y sus diferentes técnicas y sistemas constructivos, en este caso, mesoamericanos, donde el uso de la tierra era una constante, y poder comparar con momentos posteriores, aunque como ya se mencionó, existen diferentes características dentro de cada región.

---

<sup>47</sup> Víctor José Moya Rubio, *op. cit.*, p. 71.

## 1.2 Los morteros como tecnología

Es bien sabido el desarrollo de distintas técnicas y conocimientos relacionados con una actividad específica en diferentes sociedades y épocas, los cuales en realidad son reflejo de los conocimientos acumulados a lo largo del tiempo a través de la observación de la naturaleza y de numerosos ensayos. Gracias a ello se fueron perfeccionando diversos tipos de tecnología.

Todos estos conocimientos también son reflejo de ciertos procesos sociales, culturales, económicos, ideológicos, políticos de la sociedad. Como bien dice Márquez Briceño “La tecnología es una de las más importantes manifestaciones de la cultura”.<sup>48</sup> Según Quintanilla, las modalidades de desarrollo tecnológico se encuentran estrechamente relacionadas con las configuraciones culturales de las diferentes sociedades, que hay una cierta coherencia entre las tecnologías que crea o asimila una sociedad y el resto de los rasgos culturales que caracterizan a dicha sociedad.<sup>49</sup>

Pero ¿a qué nos referimos cuando hablamos de técnicas y de tecnología? ¿qué involucra su estudio? Y más aún ¿podemos hablar de una tecnología de morteros? Por principio de cuentas “...la técnica se refiere a los procedimientos para alcanzar un objetivo, mientras que en la tecnología lo que se hace presente es el conocimiento”.<sup>50</sup> Es decir, los pasos a seguir para lograr un objetivo o un producto específico solo es una parte de una tecnología determinada, la cual incluye además el desarrollo de todos esos conocimientos que hemos venido mencionando a lo largo de este trabajo y que involucran tanto el uso o selección de ciertos materiales y su adecuado aprovechamiento, como su modificación o tratamiento para el perfeccionamiento o mejoramiento de sus propiedades. Por otra parte, la tecnología no sólo involucra a las técnicas mismas, sino a una serie de decisiones determinadas y definidas socialmente.

Según Santos, la participación de los sistemas técnicos en la dinámica social es fundamental, pues tanto la infraestructura como las transformaciones de uso de las necesidades prácticas han estado supeditadas a procesos productivos, culturales y territoriales de una red de técnicas.<sup>51</sup>

Castilleja, en una reseña que hace sobre “Los saberes p’urépecha” de Argueta Villamar, menciona que las formas de saber y de conocer cultural son socialmente definidas y, en las sociedades prehispánicas, se trata de una concepción del mundo en el que el mundo natural forma parte de lo

---

<sup>48</sup> Boris Márquez Briceño, *Tecnología constructiva y conservación del patrimonio: Propuesta para la recuperación del Qhapaq Ñan*, Instituto Nacional de Cultura, sf, p. 4.

<sup>49</sup> Miguel Ángel Quintanilla. “Técnica y cultura”, en *Teorema*, Vol. XVII/3, 1998, p. 49.

<sup>50</sup> César Rogelio Zuccarino, “El tecnologismo: la técnica como condición para la deshumanización”, en [http://comunicacion.idoneos.com/index.php/336369#Umberto\\_Eco](http://comunicacion.idoneos.com/index.php/336369#Umberto_Eco).

<sup>51</sup> Milton Santos en Celia Hernández, “Reseña de ‘La Naturaleza del Espacio’ de Santos, Milton”, en *Economía, Sociedad y Territorio*, julio-diciembre, vol. III, núm. 10, El Colegio Mexiquense, A.C., Toluca, México, 2001, pp. 379-385.

social y viceversa.<sup>52</sup> A dichos “saberes”, Castilleja los equipara con lo que Villoro define como procedimientos cognoscitivos para resolver lo cotidiano, que tiene un interés práctico entre los miembros de una comunidad de conocimiento socialmente determinada.<sup>53</sup>

Por otra parte, Castilleja señala que las condiciones materiales de existencia y de reproducción social y cultural tienen un fuerte sustento en la relación con el medio ambiente, en el cual se despliegan distintas dimensiones de la vida de la comunidad como prácticas rituales en espacios diversos, formas diferenciadas de acceso a recursos naturales, asociación con procesos de trabajo, entre otros.<sup>54</sup>

Incluso la selección misma de materiales y técnicas para la producción de cualquier objeto determinado se ven influenciadas, según Caple,<sup>55</sup> por tres grupos básicos de factores: las propiedades físicas, las restricciones económicas y las influencias culturales.

Physical properties: materials with appropriate attributes such as strength, hardness, colour, etc., are selected because they are the most effective in use [...] Economic constraints: materials normally have to be available and cost-effective [...] Cultural influence: ideas about the materials appropriate to use for particular objects are determined by the cultural and religious beliefs of the society.<sup>56</sup>

Estos tres factores deben estar presentes durante cualquier estudio que involucre la elaboración de un producto determinado, pues como también señala Caple,

“cultural, contextual, economic and human factors are crucial in correctly interpreting the significance of the use of a particular material. Further evidence invariably needs to be sought to determine the reason for the use of this material [...] Factors that do not clearly relate to the selection of a material for technical suitability or economic viability are usually considered to be cultural factors/constraints.”<sup>57</sup>

En el mundo prehispánico, la relación naturaleza-cultura es fundamental, por consiguiente, la selección de materiales para la elaboración de objetos, arquitectura, etc., no solo tiene que ver con un aspecto físico como resistencia o color, sino también por su significado culturalmente definido.

Específicamente hablando de procesos técnicos aplicados a la arquitectura, Fitchen menciona que constan de tres consideraciones distintas pero relacionadas: los materiales de construcción, los sistemas estructurales y, el más importante, las técnicas de construcción.<sup>58</sup>

Any investigations into the history of building *construction* are complicated by its close interrelation with the other two practical aspects of building; namely, the *materials* and the *structural systems*. A given structural system is fundamentally affected –even completely determined, in most cases– by the materials

<sup>52</sup> Aída Castilleja, “Reseña: Arturo Argueta Villamar (2008), Los saberes p’urépecha. Los animales y el diálogo con la naturaleza”, en *Reseñas*, año 3. Núm. 5, septiembre, 2008, p. 180.

<sup>53</sup> *Ibidem*

<sup>54</sup> *Ídem*, p. 182

<sup>55</sup> Chris Caple, *Reluctant witnesses to the past*, Routledge, New York, Taylor and Francis Group, 2006, p.94.

<sup>56</sup> *Ibidem*

<sup>57</sup> *Ídem*, p. 100

<sup>58</sup> John Fitchen, *Building construction before mechanization*, London England, The MIT Press, 1996, p. 16.

employed in its realization; and both considerations have an intimate bearing on the method of execution adopted.<sup>59</sup>

Estos elementos mencionados por Fitchen, en mayor o menor medida, son básicos en el estudio tecnológico de cualquier investigación en la arquitectura, mismos que se pueden aplicar al estudio de una de sus partes, es decir, a los morteros.

En el caso de la arquitectura prehispánica, la arquitectura misma formaba parte de su entorno, por lo que había una estrecha interrelación entre la arquitectura, el hombre y la naturaleza,<sup>60</sup> no obstante, las formas y técnicas de construcción respondían a una serie de implicaciones más allá del desarrollo de conocimientos prácticos ligados a esa relación con su medio ambiente. En gran medida, la tecnología depende del conocimiento que se tenía del medio natural, ya que les permitía aprovechar lo que tenían a su alcance, desarrollando técnicas específicas que además nos llevan a entender las respuestas a dicho medio ambiente, evidentemente sin olvidar que otros elementos sociales, políticos, culturales, ideológicos, influyen en la elección de ciertos materiales, técnicas, formas de producción o formas de construcción, acabados, etc., lo que finalmente se da en relación a las funciones que debían a cumplir.

En cuanto a la parte técnica y funcional, que es la que más interesa en este trabajo, Castro menciona que

El proceso lógico [del hecho constructivo] debe contemplar tres condiciones previas que consideremos en principio de forma muy amplia: 1. En primer lugar se debe pensar en un edificio que sirva, mejor o peor, para el fin propuesto desde el punto de vista de su funcionamiento. 2. En segundo lugar es imprescindible que no se caiga, por lo que hay que tener en cuenta unos normas mínimas de estabilidad [...] 3. Por último se debe suponer, como una tendencia general, la voluntad de obtener unos determinados resultados estéticos, por remota que a veces nos pueda parecer esta intención.<sup>61</sup>

En este caso el autor se refiere a la arquitectura en general, sin embargo, también se puede aplicar a los morteros, los cuales indudablemente podían cumplir estas condiciones, para lo que las técnicas debían desarrollarse tomando en cuenta dichas funciones.

Ordóñez señala que la técnica ha jugado un papel central en la configuración de la vida material y cultural de los pueblos, además de que en gran medida, el progreso humano se basa en la

---

<sup>59</sup> *Ídem*, p. 21.

<sup>60</sup> Germán Ortega Chávez, "Teoría de las ciudades mesoamericanas", en *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*, núm. 16, UNAM, México, 1992, pp. 3-11.

<sup>61</sup> Antonio Castro V., *Historia de la construcción arquitectónica*, Barcelona, Quaderns d'Architectes 12, 1ª edición, 1995, p. 10.

invención de procedimientos y mecanismos para la resolución de problemas concretos del quehacer cotidiano.<sup>62</sup>

También señala que para entender la naturaleza del desarrollo tecnológico se deben considerar tanto la pregunta por las condiciones sociales de aparición de los desarrollos técnicos, como el problema de su impacto en la sociedad y en la cultura.<sup>63</sup>

Es la relación hombre-hombre y hombre-naturaleza, entendiéndose al hombre como parte de una sociedad, es decir, las interacciones (no determinismos) establecidas entre sociedades y el medio ambiente, lo que permite analizar el desarrollo de los “saberes”, que en este caso se refiere a la tecnología constructiva de morteros.

Taboada señala que siendo un producto tanto tecnológico como social, el estudio del proceso dinámico de la tecnología de la arquitectura permite acceder a elecciones, usos y transformaciones operadas en torno a la arquitectura, pero referentes de prácticas socioculturales más amplias.<sup>64</sup>

The evolution of viable techniques of construction and the perfecting of some definitive scheme of building practices have varies from place to place, depending on many factors (such as materials, equipment, the labor force, the stage of technical development, the needs of a society, the state of the economy, warfare and the dissemination of prisoners). [...] Inevitably, a topic is best handled in the context of its particular circumstances.<sup>65</sup>

Todos estos postulados nos permiten definir aquellos aspectos que son fundamentales en el estudio de, en este caso, una tecnología relacionada con la construcción arquitectónica. Los morteros requirieron de una serie de características específicas para su correcto funcionamiento. Como se ha señalado, sirven para dar una continuidad a los elementos de la construcción, protegen, en algunos casos tienen una función estética, etc., funciones que del mismo modo se han visto en otras regiones de Mesoamérica, donde su participación dentro de los sistemas constructivos generales permitió una arquitectura acorde a sus necesidades, cosmovisión, etc.

Como ejemplo podemos mencionar que los pisos eran fundamentales para el flujo de personas, pero también como parte de un sistema de drenaje o incluso de captación de agua; en el caso de los aplanados, funcionaban como protección de la mampostería, pero del mismo modo para dar un acabado decorativo, estético e incluso simbólico; los terrados eran fundamentales para protección, pero

<sup>62</sup> Leonardo Ordóñez, “El desarrollo tecnológico en la historia”, en *Areté*, vol. 19, núm. 2, Lima, 2007.

<sup>63</sup> *Ibidem*

<sup>64</sup> Constanza Taboada, “Propuesta metodológica para el análisis diacrónico de arquitectura prehispánica y la asignación de significado conductual discriminado. Aplicación en el Noroeste Argentino”, en *Anales del Museo de América*, núm. 13, 2005.

<sup>65</sup> Jonh Fitchen, *op. cit.*, p. xiii.

debían tener características impermeables y, los morteros de unión, eran necesarios para ligar los diferentes mampuestos, por lo que sus características debían ir de acuerdo a los distintos mampuestos que se unirían. Debido a la falta de investigaciones al respecto en esta región, no sabemos con certeza qué propiedades tenían los morteros o cómo funcionaban. Esta investigación busca aportar información sobre la tecnología de los morteros de la Vertiente del Lerma Medio para entender sus características, propiedades y diferencias, elementos que también serán esenciales para su aplicación en la conservación.

De esta manera, en efecto se puede hablar de una tecnología de morteros, pues juegan un papel fundamental dentro de la arquitectura y no son elementos improvisados, sino que requirieron de un amplio bagaje de conocimientos para que pudieran cumplir una función determinada, seleccionando y descartando materiales, desarrollando procesos productivos desde el transporte, transformación y colocación de los materiales, reduciendo costos (de mano de obra, transporte, etc.), entre muchos otros factores que podemos mencionar relacionados a una tecnología determinada, en lo cual seguramente influyeron aspectos materiales, sociales, culturales.

El desarrollo de una tecnología en los morteros de la Vertiente Lerma se evidencia principalmente en que después de cientos de años, aún contamos con evidencias de su existencia. Lamentablemente por la misma naturaleza de la tierra, son materiales que siempre requerirán de un mantenimiento, el cual se daba en época prehispánica y que si no nos adentramos a su estudio no sólo no conoceremos su tecnología, sino que se corre el riesgo de perder los pocos vestigios que aún se tienen.

El estudio efectuado en esta ocasión se centra en estos elementos tecnológicos de los morteros, sin embargo, se debe aclarar que sólo será posible abordar hasta cierto punto la tecnología, pues como ya se mencionó, incluye una serie de factores que no son sencillos de leer por completo a un nivel arqueológico, pero sobre todo en materiales que apenas se están comenzando a abordar en la región. Las nuevas técnicas científicas son de gran ayuda para su comprensión, sin embargo, son parte de un largo proceso. Por supuesto éste no es un estudio concluyente, sino más bien el inicio de una serie de estudios relacionados con la tecnología de los morteros, la cual posteriormente dará luz incluso para abordar estudios de tipo social, económico, político e incluso simbólico.

Ahora bien, se ha definido su importancia como una tecnología desarrollada en época prehispánica en la región de estudio, pero ahora tenemos otra cuestión, ¿cómo definir si existe una tradición tecnológica en una región determinada? y primeramente, ¿qué entendemos por tradición? A

continuación abordaremos este tema, pues de todos estos elementos teóricos se detectaron las variables a tomar en cuenta en la metodología de este trabajo.

### 1.3 ¿Qué es una tradición?

Como ya se ha mencionado, este trabajo se fundamentó en la idea de que la arquitectura, al igual que las diferentes tecnologías relacionadas con su construcción, en este caso la elaboración de morteros, son un reflejo de diferentes procesos sociales dentro de un contexto natural, social, político y económico específico que influyen en la elección de ciertos materiales y técnicas, los cuales a su vez guardan estrecha relación con las diversas funciones que pudieron haber cumplido, y lo que finalmente pudo transformarse en una tradición en la región estudiada. En esta ocasión no fue el objetivo identificar procesos sociales y políticos específicos reflejados en cada uno de estos materiales debido al tiempo requerido para los estudios y al tiempo que requería la tesis, sin embargo, un punto inicial era identificar la posible existencia de una tradición tecnológica compartida en cada uno de los sitios analizados, el cual era el objetivo central en esta tesis.

Para identificarla es preciso partir de ciertos postulados teóricos y conceptuales que nos lleven a entender aquellos procesos que definen su existencia. Uno de los autores que explica este concepto es Carlos Herrejón,<sup>66</sup> quien menciona que etimológicamente el término proviene de *traditio* que significa la acción y el efecto de entregar o transmitir. Según el autor, la tradición debe cumplir ciertos elementos para entenderse como tal, pues en ocasiones suele confundirse con una costumbre o simplemente una transmisión. Por supuesto que la tradición es una transmisión, pero no toda transmisión es una tradición. Por principio de cuentas, se debe tener presente que el agente de la tradición es el hombre, no sólo como individuo, sino como parte de una sociedad.

La tradición puede entenderse como una acción o como un objeto.<sup>67</sup> En el primero de los casos, se refiere al acto humano de transmitir y recibir, ambos actos dinámicos, por lo tanto, ocurre en el tiempo, cambia, es un proceso temporal. En el segundo de los casos se refiere al contenido que se transmite y se recibe, el cual tiene un carácter perdurable a través del tiempo, aunque no debemos olvidar que la tradición va cambiando, factor también esencial para que pueda sobrevivir. Así pues, para que una costumbre, práctica o conocimiento se convierta en tradición debe ser transmitida, recibida y asimilada, ciclo que se repite a través del tiempo, de generación en generación.

---

<sup>66</sup> Carlos Herrejón Peredo, "Tradición. Esbozo de algunos conceptos", en: *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, núm. 59, Zamora, México, El Colegio de Michoacán, 1994, pp. 135-149.

<sup>67</sup> *Ibidem*

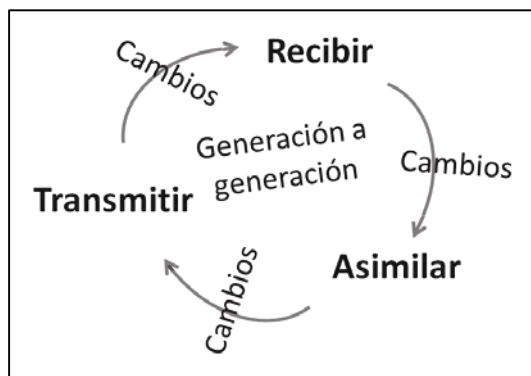


Figura 6. Esquema elaborado a partir de la noción de tradición de Carlos Herrejón.

Como dice Gadamer: “Aun la tradición más auténtica y venerable no se realiza, naturalmente, en virtud de la capacidad de permanencia de lo que de algún modo ya está dado, sino que necesita ser afirmada, asumida y cultivada”.<sup>68</sup>

Para Arias Sandí, quien hace un estudio del concepto desde la hermenéutica, en la tradición

Se da una unidad entre el pasado y el presente, en el sentido en que el pasado es presente. El pasado no es un cúmulo de eventos que sucedieron y que permanecen de uno o de otro modo, más bien se da una interpelación del pasado al presente, el pasado le habla al presente como presente y se renueva justo por el modo en que es escuchado como actualidad. Por esto, la tradición es al mismo tiempo cambio y actualización y no sólo aquello que debe conservarse como una reliquia o como un origen primordial. Pasado y presente no son dos elementos contrapuestos de la tradición sino dos modos de acontecer de la misma [...] Por tanto, pensar la tradición requiere remitirse no sólo a la permanencia, al resguardo de lo primigenio, sino también a su cambio.<sup>69</sup>

Retomando la idea definida por Herrejón de que la tradición puede entenderse como un objeto y como una acción, en nuestro estudio la acción se reflejaría en la tecnología transmitida de generación en generación con sus respectivas variaciones que pueden existir de un lugar a otro o a través del tiempo; por otra parte, el objeto, es decir, lo transmitido, sería en este caso nuestro indicador cultural, es decir, el mortero mismo, el cual guarda la información de dicha tecnología y de las sociedades que lo produjeron.

En el campo de la arqueología, el término de la tradición se aplica frecuentemente para conceptualizar un estilo o rasgo identificable en la cultura material, tanto en tiempo como en espacio,

<sup>68</sup> Hans-Georg Gadamer, *Verdad y Método I*, Salamanca, Ed. Sígueme, 1992, citado por Marcelino Arias Sandí y Miriam Hernández Reyna, “Interculturalismo y hermenéutica: de la tradición como pasado a la actualidad de la Tradición”, en: *Cuicuilco*, vol. 17, núm. 48, enero-junio, 2010, ENAH, México, pp. 69-85.

<sup>69</sup> *Ibíd.*, p. 80.

que permite entender las relaciones sociales, económicas y políticas detrás de los objetos.<sup>70</sup> La tradición se refiere al carácter regional de cierta manifestación cultural.<sup>71</sup>

En este sentido, una tradición tecnológica se refiere a la transmisión y recepción de una serie de conocimientos y técnicas relacionadas con la producción de un objeto o producto determinado, conocimientos que se transmiten de generación a generación con las consecuentes variaciones que son producto de un lugar y tiempo determinado y que hacen que haya un dinamismo en dicha tradición. De manera general se pueden identificar ciertas categorías básicas en la identificación de una tradición, es decir, espacio, tiempo y recepción/transmisión.

Braudel plantea una división del tiempo en tres dimensiones: el tiempo corto del individuo y del acontecimiento, el tiempo lento de la geohistoria y el tiempo largo de los grupos y de las estructuras.<sup>72</sup> En este sentido, interesa aquí el tiempo de larga duración, en la cual puede identificarse una tradición, de ahí la importancia de seleccionar muestras de diferentes épocas, que si bien no se tiene una cronología absoluta de dichas etapas, se sabe que provienen de diferentes etapas constructivas. Por otra parte, al espacio lo ve como un medio o una vía de acceso que da la posibilidad de deducir lo que es repetitivo, lento, permanente.<sup>73</sup> La recepción/transmisión se identifica en la repetición de patrones en un conocimiento determinado reflejado en un objeto en un espacio y en un tiempo de larga duración.

#### **1.4 Los morteros en Mesoamérica**

Como ya se mencionó, el uso de la tierra para la construcción es muy común y sucede de manera generalizada en época prehispánica, donde este elemento, así como la piedra, eran los materiales más comunes al alcance de los diferentes grupos, mismos que servían de base para las diferentes construcciones arquitectónicas. En este apartado ahondaremos en esta parte constructiva que ha sido fundamental dentro de la arquitectura prehispánica, es decir, los morteros.

Dentro de cada región se han podido identificar ciertas particularidades en las técnicas para su elaboración, lo cual depende de diversos aspectos y, por supuesto, las similitudes entre regiones también se hacen notar. En general son pocos los estudios que profundizan en las técnicas, destacando

<sup>70</sup> Efraín Cárdenas, *Significado histórico y prácticas culturales. Un análisis espacial de Peralta, Guanajuato*, Tesis de Doctorado en Arquitectura, PIDA-UMSNH, 2011, p. 18.

<sup>71</sup> *Ídem*, "Introducción", en Efraín Cárdenas (ed.), *Tradiciones Arqueológicas*, El Colegio de Michoacán. A.C., México, 2004, p. 20.

<sup>72</sup> Bernard Lepetit, "Espacio e historia. Homejane a Fernard Braudel", en *Clío. Revista de la Facultad de Historia*, Culiacán, Universidad Autónoma de Sinaloa, Vol. 4, 18/19, 1995/1997, p. 43; Enrique Guerra Manzo, "Norbert Elias y Fernando Braudel: Dos miradas sobre el tiempo", en *Argumentos*, D.F., UAM Xochimilco, número especial 48-49, 2005, p. 125.

<sup>73</sup> *Ibidem*

mayormente aquéllos realizados principalmente en la zona maya y en el Centro de México, donde la presencia de pintura mural es sobresaliente, por lo que ha generado el interés en investigar y conocer las técnicas principalmente por motivos de conservación y restauración con la ayuda de novedosas técnicas de investigación científica. Ciertamente primero se debe conocer un objeto para después pensar en entender sus deterioros y su conservación. Prácticamente en toda Mesoamérica se ha reportado el uso de morteros principalmente en forma de pisos, aplanados, bajareque, terrados y morteros de unión, además de que con el paso del tiempo, las técnicas constructivas fueron perfeccionándose.

Los morteros en el área maya presentan una técnica muy específica desarrollada entre los años 300 a.C. y 1000 d.C., lo cual se ha corroborado a partir de estudios como DRX, microscopía, espectrografía, entre otros. Se ha encontrado que la matriz cementante de los estucos, morteros y concretos de diversos sitios tienen las mismas características generales, lo que indica que desarrollaron una tecnología que logró un alto grado de estandarización que se expandió a las principales ciudades-estado.<sup>74</sup>

Destaca el uso de la piedra caliza, muy abundante en la región, con lo que se construyeron diversos tipos de morteros que algunos autores han distinguido por sus características como estucos, morteros y concretos.<sup>75</sup> Los primeros son aquéllos utilizados para decoración tanto interior como exterior, principalmente mediante bajorrelieves; llaman morteros solamente a aquéllos que sirven para juntar piedras en la construcción y, el concreto, que se refiere a una mezcla de cemento con agregados graduados utilizado con fines estructurales, inicialmente como material de relleno, pero que fue perfeccionándose para la construcción de basamentos, muros de contención, entre otros.<sup>76</sup> Por otra parte, Littmann distingue la presencia de “mortar”, “plaster”, “stucco”, “lime-aggregate” y “wash coat”, que se distinguen según su posición y función,<sup>77</sup> pues se usaban tanto ornamental como funcionalmente.<sup>78</sup>

Mangino habla de la costumbre en Mesoamérica de recubrir los muros con una capa de mortero, siendo el uso de un mortero de cal y arena de 2 a 3 cm de espesor en el caso del Altiplano y

<sup>74</sup> Horacio Ramírez, *et. al.*, “El cemento y el concreto de los mayas”, en *Ciencia Ergo Sum*, noviembre, volumen 6, número 3, Toluca, México, Universidad Autónoma del Estado de México, 1999, p. 276.

Edwin R. Littmann, “Ancient mesoamerican mortars, plasters and stuccos: Las Flores, Tampico”, en *American Antiquity*, vol. 25, Número 1, 1959, pp. 117-119.

<sup>75</sup> Ramírez, Horacio, *et. al.*, *op. cit.*

<sup>76</sup> *Ibidem*

<sup>77</sup> Edwin Littmann, “Ancient mesoamerican mortars, plasters and stuccos: Comalcalco”, part I, en *American Antiquity*, vol. 23, no 2, 1957, pp. 135-140.

<sup>78</sup> *Idem*, “Ancient mesoamerican mortars, plasters and stuccos: Las Flores, Tampico”, *op. cit.*

de hasta 8 cm en la zona maya, capa que se enlucía posteriormente con un estuco muy delgado de 3 a 4 mm de grosor en Teotihuacan y de varios centímetros en la zona maya.<sup>79</sup> En Tula también se da el uso de morteros o aplanados de cal con pintura roja.<sup>80</sup> Para sus últimas etapas ocupacionales, se menciona que la mayoría de los edificios fueron recubiertos con aplanados de barro y encalados, además de presentar imágenes al fresco muy coloridas.<sup>81</sup> También se señala el recubrimiento de la cara expuesta de los muros de adobe (los cuales se unían con una argamasa de 3.2 a 5.5 cm de espesor de tierra arcillosa mezclada con materia orgánica como cementante) con un enlucido blancuzco a café claro de aproximadamente 0.05 a 2 cm de grosor elaborado a partir de tierra arcillosa y cal.<sup>82</sup>

Para Teotihuacan, Morgain sugiere que el método para obtener la cal pudo consistir, a partir de comparación etnográfica, en cortar grandes trozos de madera para hacer cajones o cestas acerca de 4 metros cuadrados y 3 metros de alto, donde se coloca la piedra caliza y se inflama con la madera.<sup>83</sup>

Para su fabricación se molía y quemaba la roca caliza con cantidades variables de intrusiones arcillosas a temperaturas no mayores a 900° C, acciones que provocaron un desequilibrio ecológico debido al uso de la madera para alimentar los hornos para la fabricación de sus materiales constructivos, hecho que se refleja en sitios de la zona maya, en Teotihuacan, Xochicalco, Tula y Monte Albán.<sup>84</sup> Otros autores hablan de la combinación de la piedra caliza con concha como fuente de cal.<sup>85</sup> Algunos autores señalan la importancia de la selección de vetas de roca caliza sin impurezas, la cual igualmente se calcina hasta obtener un polvo reactivo de óxido de calcio que se sumerge en agua para que la hidratación produzca la pasta de cal o hidróxido de calcio que se coloca en forma de aplanados y, al fraguar, se constituye en un sólido cristalino con la composición de la roca caliza original.<sup>86</sup>

Para mejorar la plasticidad y resistencia de la pasta se agregaban gomas vegetales al agua de cal, como por ejemplo la baba de nopal o los mucílagos de corteza de árboles similares al amate, a fin de lograr un secado lento y mayor libertad en la aplicación del color.<sup>87</sup> Morris *et. al.* hablan del uso de jugo del árbol de chocom (chucum) para la elaboración de los morteros y Ruppert, *et. al.* del uso de la

<sup>79</sup> Alejandro Mangino Tazzer, *Arquitectura Mesoamericana. Relaciones espaciales*. Editorial Trillas, México, 1996, p. 46.

<sup>80</sup> Osvaldo José Sterpone, *op. cit.*, p. 48.

<sup>81</sup> *Ídem*, p. 51.

<sup>82</sup> Fernando Báez Urincho, *op. cit.*, p. 29.

<sup>83</sup> Carlos R. Morgain, *op. cit.*, pp. 56.

<sup>84</sup> Ramírez, Horacio, *et. al.*, *op. cit.*

Carlos R. Morgain, *op. cit.*, pp. 56

<sup>85</sup> Edwin Littmann “Ancient mesoamerican mortars, plasters and stuccos: Las Flores, Tampico”, *op. cit.*

<sup>86</sup> Diana Magaloni Kerpel, “La pintura mural y su conservación”, en *Arqueología Mexicana, Restauración y Arqueología*, Vol. XVIII, Número 108, 2011, p. 35.

<sup>87</sup> *Ibidem*

miel.<sup>88</sup> Littmann menciona el empleo de la corteza del árbol de chacte (*Caesalpinia Platyloba*) en las mezclas para darles fuerza, además del uso probable de otros materiales orgánicos como huevos o extractos de plantas.<sup>89</sup> Todos estos elementos se utilizan tradicionalmente en la región.

Mangino también menciona la costumbre en Teotihuacan de estucar todas las superficies interiores, incluso las techumbres para ocultar los morillos y troncos, además del uso de policromía con motivos de chalchihuites, elementos marinos, entre otros.<sup>90</sup> Morgain también hace referencia al recubrimiento de todas las superficies con aplanados de cal.<sup>91</sup>

Los recubrimientos varían en cuanto a su acabado, desde los rugosos hasta aquéllos finamente bruñidos en un color rojo profundo a base de óxido de hierro en pisos y paredes de edificios principales, resultado que se logra al pulirlos con pencas de maguey.<sup>92</sup> Para los morteros de unión se menciona el uso de tierra, arenisca o polvo de tezontle unida con tierra caliza. Los análisis de laboratorio indican la presencia también de obsidiana molida.<sup>93</sup>

Una característica común en la arquitectura prehispánica era el recubrimiento de muros y pisos con morteros que abarcaban o forman una misma capa, es decir, el aplanado o mortero del piso se extendía hasta el muro, rasgo también perceptible en la Vertiente del Lerma Medio. Báez identifica para Tula la presencia de un chaflán que unía el muro con el piso.<sup>94</sup>

---

<sup>88</sup> Edwin Littmann, "Ancient mesoamerican mortars, plasters and stuccos: Comalcalco", *op. cit.*

<sup>89</sup> *Ibidem*

*Idem*, "Ancient mesoamerican mortars, plasters and stuccos: Palenque, Chiapas", en: *American Antiquity*, vol. 25, No 2, 1959, pp. 264-266.

<sup>90</sup> Alejandro Mangino Tazzer, *op. cit.*, p. 46, 47.

<sup>91</sup> Carlos R. Morgain, *op. cit.*

<sup>92</sup> *Idem*, p. 104 y 109.

<sup>93</sup> *Idem*, p. 104.

<sup>94</sup> Fernando Báez Urincho, *op. cit.*, p. 27

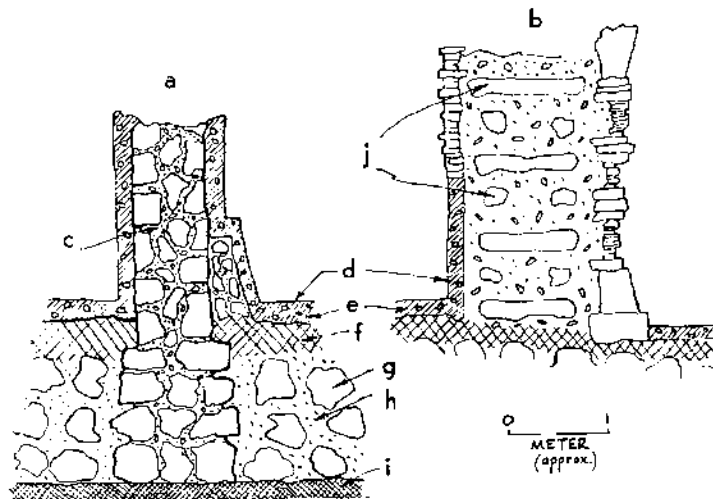


FIG. 20.— WALL CONSTRUCTION, TEOTIHUACAN AND MITLA. a, Teotihuacan, Mexico. b, Mitla, Oaxaca. c, Building stones set in clay and gravel, with a minimum of mortar. d, White-washed plaster. e, Concrete. f, Tepetate. g, Lava rock. h, Clay without gravel. i, Packed tepetate. i, Long roughly shaped stones, set in layers, alternating at right angles to each other.

Figura 7. Sistema constructivo de muros en Teotihuacan y Mitla. Se observa el aplanado de los muros que se extienden hasta el piso (d). Fuente: Morgain, Carlos R., “Pre-columbian architecture of Central Mexico”, en Robert Wauchope (ed.), *Archaeology of Northern Mesoamerica*. Part 1, 1971, pp.45-91.

Los pisos se presentan de diferente modo en Mesoamérica, desde apisonados hasta la preparación de capas más elaboradas con acabados muy finos, sin embargo, generalmente hay preparaciones específicas para su realización. En Tula se coloca inicialmente piedra grande, luego chica, cuyo objetivo es cerrar los espacios dejados por la primera. Posteriormente se coloca una argamasa de barro y, finalmente, los pisos de estuco.<sup>95</sup> Báez da una descripción más específica que incluye primeramente un núcleo de piedra de basalto recubierto por una capa de 20 a 26cms de espesor de tierra arcillosa compactada mezclada con algunos guijarros de tepetate (en el caso de espacios abiertos se colocaba otra capa de tezontle triturado); después de esta capa se colocaba otra como firme de piedra caliza (grava de tepetate molido) con un espesor de 2 a 10cm recubierto finalmente por un enlucido de estuco de 0.3 hasta 1cm de grosor para dar uniformidad al piso.<sup>96</sup>

Otro elemento arquitectónico fundamental son las cubiertas, que en época prehispánica tenían diferentes variantes, ya sea a base únicamente de materiales precederos en cubiertas a dos o cuatro vertientes o en combinación con terrados generalmente para cubiertas planas. En este último caso, para la construcción de las losas (viga-losa) se colocaba un sistema de vigas de madera sobre los muros laterales y en seguida se construía un entramado de madera que servía como cimbra sobre la cual se vaciaba el terrado. Al secar, finalmente se retiraba el entramado.<sup>97</sup> En la zona maya era bastante

<sup>95</sup> Osvaldo José Sterpone, *op. cit.*, p. 43.

<sup>96</sup> Fernando Báez Urincho, *op. cit.*, p. 22.

<sup>97</sup> Morley 1972 citado por Horacio Ramírez, *et. al.*, “El cemento y el concreto de los mayas”, *op. cit.*, p. 280.

común entre la población el uso de techumbres de doble vertiente con una inclinación pronunciada a base de material precedero, característica que se relaciona profundamente con el clima de la región.

En Teotihuacan, Monte Albán, Xochicalco, Tula, Tenochtitlan, entre otros, eran comunes estas cubiertas planas con morillos o vigas de madera. Para Teotihuacan se reportan los techos con una capa de arcilla mezclada con grandes cantidades de paja para aligerarlos y con la pendiente suficiente para drenaje.<sup>98</sup> En Tula se menciona el uso de argamasa de tierra arcillosa mezclada con material orgánico y guijarros de tepetate.<sup>99</sup>

Acosta dice, mediante el análisis de ancho de los claros entre los apoyos, que el techo debió tener tres niveles de madera, es decir, sobre los pilares se colocaban las vigas maestras, sobre las cuales se colocaba otras transversales para reducir el claro y repartir el peso de los morillos, los cuales iban en un tercer nivel para cubrir completamente el claro. Después se colocaba una capa de tezontle y un entortado de barro mezclado con piedras y, al final, un revestimiento de estuco impermeabilizante.<sup>100</sup>

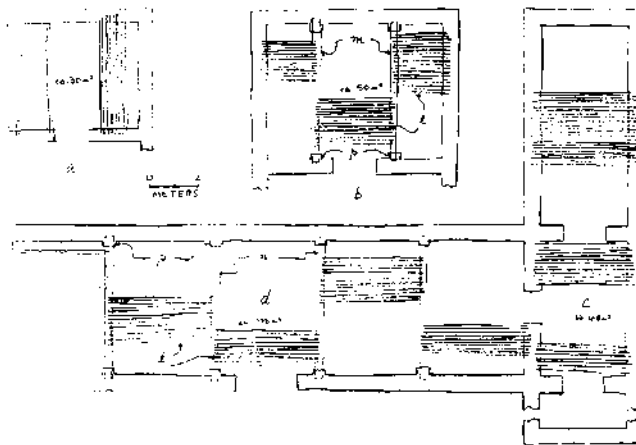


FIG. 15—ROOFING TECHNIQUES UNDER THE POLE LATHS (MORILLOS), ATETELCO, TEOTIHUACAN, MEXICO. a, Temple E, Patio Blanco. b, Temple 5, Patio Pintado. c, d, Two of the many possible ceilings which do not require free-standing supports. e, Without pilasters, only pole laths. f, Pilasters and master beams used. g, Pole laths (morillos). h, Master beams (vigas maestras). i, Pilasters.

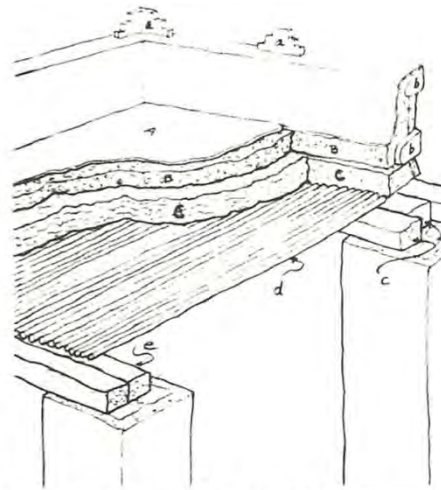


FIG. 26—ROOF TERRACE, ATETELCO, TEOTIHUACAN, MEXICO. A, Thin capping of smooth, impermeable stucco. B, Concrete capping. C, Tepetate capping. a, Silhouette stones or "merlons" (almenas). b, Stone tablero cornice, upper zone of façade. c, Lintel beams. d, Pole laths (morillos). e, Beams.

Figura 8. Sistema constructivo de las cubiertas planas en Teotihuacan. Fuente: Morgain, *op. cit.*

En Teotihuacan resalta la similitud en la técnica de construcción entre los pisos y el terrado de la cubierta, donde se coloca una capa de tepetate recubierta por otra capa o aplanado de concreto.<sup>101</sup> El llamado concreto se desarrolló en todas las construcciones de Teotihuacan en las diferentes épocas,

<sup>98</sup> Carlos R. Morgain, *op. cit.*, p. 56.

<sup>99</sup> Fernando Báez Urincho, *op. cit.*, p. 35.

<sup>100</sup> Jorge Acosta, "El Palacio del Quetzalpapalotl", México, INAH, 1964, p. 44 y 45.

<sup>101</sup> *Idem*, p. 60 y 61.

donde destaca el uso de superficies planas duras y resistentes a base del uso de morteros hidráulicos, cementos de origen natural.<sup>102</sup>

Los terrados también eran comunes en el norte del país en la llamada cultura Casas Grandes, en sitios como Paquimé, Valle de Casas Grandes, Las Cuarenta Casas, entre muchos otros, donde dicho sistema además permitió la construcción de varias plantas. La técnica consistía en la colocación de una capa compacta de tierra de alrededor de 15 a 20 centímetros de espesor sobre una base de varas rectas o carrizos sostenidos por morillos de pino colocados perpendicularmente, que a su vez transmitían las cargas hacia los muros.<sup>103</sup> Los muros, pisos y techos se recubrían finalmente con una mezcla de cal como protección ante la intemperización.<sup>104</sup>

Uno de los factores más representativos o llamativos dentro de los morteros prehispánicos es su importancia dentro de la pintura mural, que tenía dos funciones principales, la estética u ornamental y la simbólica, que recreaba escenas narrativas para transmitir conceptos y comunicar ideas, por lo que se usaban imágenes y colores que tenían un significado específico.<sup>105</sup>

Para colocar una pintura mural era necesario la construcción de aplanados para acondicionar los muros que recibirían el color. Los antiguos pobladores se hicieron expertos en el manejo de la cal, utilizando sus propiedades cementantes y adhesivas para la elaboración de diversos morteros aptos para la pintura mural. Los primeros murales datan del 200 d.C. en sitios como Teotihuacan, México y San Bartolo, Guatemala, sin embargo, dicho arte se extendió a casi toda Mesoamérica.<sup>106</sup> Se pueden mencionar numerosos ejemplos en la zona maya, así como en Cacaxtla, Cholula, en la Vertiente del Lerma Medio, etc.

---

<sup>102</sup> *Ídem, op. cit.*, pp. 54.

<sup>103</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, *Arquitectura de tierra, op. cit.*, p. 40.

<sup>104</sup> *Ibidem*

<sup>105</sup> Ana Ortega, *Pintura mural mesoamericana*, México, 1997, p. 9.

<sup>106</sup> Diana Magaloni Kerpel, *op. cit.*, p. 34.

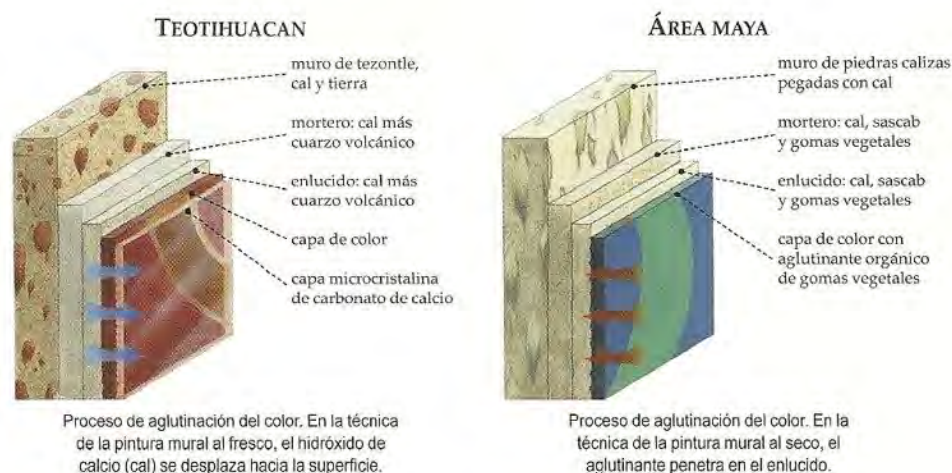


Figura 9. Técnica de colocación de capas para preparar la superficie para la pintura mural. Comparación Teotihuacan y área maya. Fuente: Magaloni, “La pintura mural y su conservación”, en *Arqueología Mexicana, Restauración y Arqueología*, Vol. XVIII, Número 108, 2011, p. 35.

Como se puede ver en la ilustración, en Teotihuacan se utilizaba la técnica al fresco, donde el pigmento se recubría con una capa cristalina de calcita<sup>107</sup> y, en el área maya, se usaba un temple de gomas vegetales que se aplicaban sobre una superficie de cal hecha también con gomas y mucho menos compacta que la teotihuacana.<sup>108</sup>

Staines habla del uso de aglutinantes para fijar los pigmentos, que se obtenían de la savia de algunos árboles y de plantas gomosas. Los colores se aplicaban sobre un enlucido de cal que servía como soporte que se alisaba hasta lograr uniformidad.<sup>109</sup>

En el Tajín también se habla de morteros, cuyos estudios muestran la introducción de materiales puzolánicos para darles características esenciales como la resistencia.<sup>110</sup> En algunas excavaciones en la región del Tajín se han descubierto pisos que datan de 1700-1000 a.C. formados por barro comprimido y endurecido al fuego realizado con ramas.<sup>111</sup>

En el Occidente de México también se ha reportado el uso de morteros en sus sistemas constructivos. Beekman, durante las excavaciones en la estructura circular en Llano Grande, Eztatlán, Jalisco identificó restos de bajareque en las tres estructuras excavadas del círculo, mayormente en la estructura denominada 14-6. En dichos materiales se observaron impresiones de materiales

<sup>107</sup> Manuel Sánchez del Río, *et. al.*, “Nuevas investigaciones sobre el azul maya”, en Demetrio Mendoza Anaya, *et. al.* (eds.), *La ciencia de los materiales y su impacto en la arqueología*, vol. III, México, Innovación editorial lagares, 2006, p. 16.

<sup>108</sup> *Ibidem*

<sup>109</sup> Leticia Staines Cicero, “Pintura mural maya”, en *Revista Digital Universitaria*, vol. 5, número 7, 2004, p. 3.

<sup>110</sup> Raymundo Rivera Villarreal, “El extraordinario concreto prehispánico, parte IV. El cálculo mineralógico aplicado al concreto del techo del edificio ‘Y’ de ‘El Tajín’”, en *Ciencia UANL*, abril-junio, año/vol. IV, número 002, Monterrey, México, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2001, pp. 130-136.

<sup>111</sup> Víctor José Moya Rubio, *op.cit.*, p. 16.

perecederos y cuerdas. En las estructuras 14-2 y 14-5 se detectaron huellas de postes grandes, mientras que en la estructura 14-6 había una mayor variedad de postes grandes y pequeños, así como paredes de carrizos delgados atados fuertemente. Una observación interesante es que el barro y las inclusiones, así como otras características arquitectónicas de las estructuras varían en relación con el uso de las diferentes estructuras por grupos sociales diferentes.<sup>112</sup>

En el Norte de México también resaltan los morteros en sitios en los que la tierra en arquitectura fue muy importante, como por ejemplo en la cultura de Casas Grandes en sitios como Paquimé en Chihuahua, donde además del empleo de los morteros con funciones similares a las ya descritas anteriormente, destacan algunos sistemas constructivos que permitieron la construcción de tres niveles de entresijos con el uso de viguería de pino y terrado.<sup>113</sup>

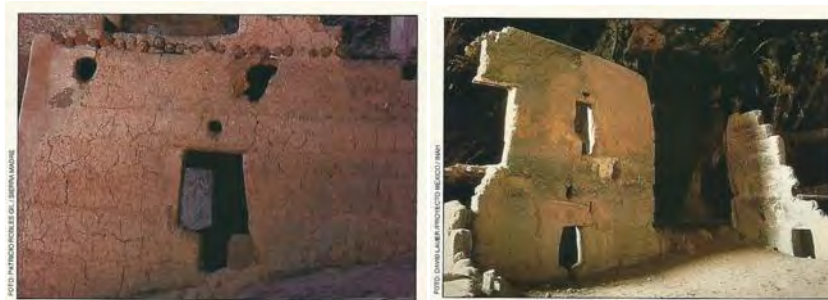


Figura 10. Casas acantilado de la Cultura Casas Grandes donde resalta el uso de morteros y arquitectura de tierra (900-1100 d.C.) Fuente: Gamboa, *op. cit.*

En Mesoamérica, la arquitectura refleja su adaptación a factores geo-climáticos, así como sus creencias religiosas, factores políticos y sociales. Los morteros en general eran elementos fundamentales en las culturas mesoamericanas, pues prácticamente todas las superficies, pisos, apoyos corridos y aislados, podían recubrirse con este material, además de su empleo para la construcción de muros y cubiertas haciéndose evidente la parte funcional, estética e incluso ideológica.

Todo esto nos habla de la importancia de conocer el contexto tanto natural como cultural de donde fueron creados los morteros, siendo necesario en este último aspecto conocer tanto el contexto general, es decir, el momento histórico y los procesos ocurridos en la región durante su elaboración, como el contexto específico, es decir, su ubicación en el contexto arqueológico, para entender más claramente sus funciones. Debido a esto, en el siguiente capítulo se abordarán tanto los aspectos naturales como culturales específicamente de la región de estudio.

<sup>112</sup> Christopher Beekman, “Nuevos enfoques acerca de la tradición Teuchitlán. Investigaciones actuales en Llano Grande y Navajas, Jalisco”, en Eduardo Williams, *et. al.* (eds.), *El Antiguo Occidente de México: Nuevas perspectivas sobre el pasado prehispánico*, Zamora, Mich., El Colegio de Michoacán, 2005, p. 74.

<sup>113</sup> Eduardo Gamboa Carrera, *op. cit.*

Beatriz Braniff, “El otro México. La Gran Chichimeca”, en Beatriz Braniff Cornejo (coord.), *Introducción a la Arqueología del Occidente de México*, Universidad de Colima/INAH, México, D.F., 2004, p. 96.

## CAPÍTULO 2

### LA VERTIENTE DEL LERMA MEDIO. CULTURA Y MEDIO AMBIENTE

En este capítulo se aborda la región Vertiente del Lerma Medio tanto desde una perspectiva natural como cultural. Se sabe que el medio ambiente, si bien no es determinante, sí es fundamental para el desarrollo cultural de las diferentes sociedades, pues muchas de las características que definen a cada grupo, especialmente en lo referente a la tecnología, dependen en cierta medida del medio ambiente que los rodea. Es importante mencionar que en este capítulo no se pretende hacer un estudio o descripción exhaustivos de los diferentes paisajes naturales que definen a la región, pero parte fundamental que se resalta es la presencia diversos recursos naturales al alcance de las sociedades prehispánicas que la habitaron, rasgo imprescindible en el desarrollo de los grupos asentados y, en este caso particular, en las tecnologías asociadas a sus sistemas constructivos.

Para una parte de la reconstrucción ambiental fue esencial la información histórica, arqueológica y, en general, información del paleoambiente que se tenía en aquel entonces, pues es evidente que la situación actual varía de la que se tenía en época prehispánica. Así pues, se abordará la interrelación entre la parte natural y social, trabajo que algunos investigadores han estudiado ya desde numerosos años atrás. Por otra parte, la información que se obtuvo fue fundamental para la lectura y comprensión de los resultados obtenidos en los análisis realizados a los morteros mediante diferentes técnicas.

Como ya se señaló, en este capítulo incluiremos también al sitio El Cóporo, que si bien se considera perteneciente a otra región cultural aledaña a la aquí tratada, los aspectos culturales y naturales de dicho sitio son importantes desde el punto de vista comparativo con nuestros sitios y sus morteros.

#### 2.1 Contexto geográfico y medio ambiente

La Cuenca del Lerma-Chapala-Santiago es una región hidrológica de la que se desprende la región central de este estudio, donde se ha hecho una correspondencia entre la parte geográfica y la presencia de numerosos sitios con características propias y con procesos culturales relacionados que los distinguen de otras regiones de Mesoamérica, delimitándose así espacial y culturalmente la región en la parte de la vertiente del río Lerma o Lerma Medio<sup>114</sup>. Desde 1978 Enrique Nalda identificó la región

---

<sup>114</sup> Efraín Cárdenas, “Método para el análisis espacial de sitios prehispánicos. Estudio de caso: el Bajío”, en *Palapa*, Vol. III, Núm. I, enero-junio, 2008, México, Universidad de Colima, p. 59.

como el Lerma Medio y abarca la totalidad del Bajío y las laderas que forman esta planicie aluvial.<sup>115</sup> Cárdenas la identifica con la porción comprendida entre las poblaciones de Tarandacuao, Guanajuato y La Piedad, Michoacán, cuya longitud aproximada es de 350 km y va desde los 1870 hasta los 1650 msnm.<sup>116</sup>

...abarca en su totalidad la provincia fisiográfica del Eje neovolcánico en el estado de Guanajuato, esto incluye las subprovincias: El Bajío, Sierras y Bajíos Michoacanos y Llanos y Sierras de Querétaro; parcialmente ocupa la provincia fisiográfica de la Mesa Central, Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato.<sup>117</sup>

Se debe aclarar que la identificación de una región determinada, en este caso la Vertiente del Lerma no es más que un referente, puesto que no se puede hablar de fronteras o límites rígidos en época prehispánica. Sin embargo, la parte natural que la define aparentemente tiene una correspondencia con procesos culturales.

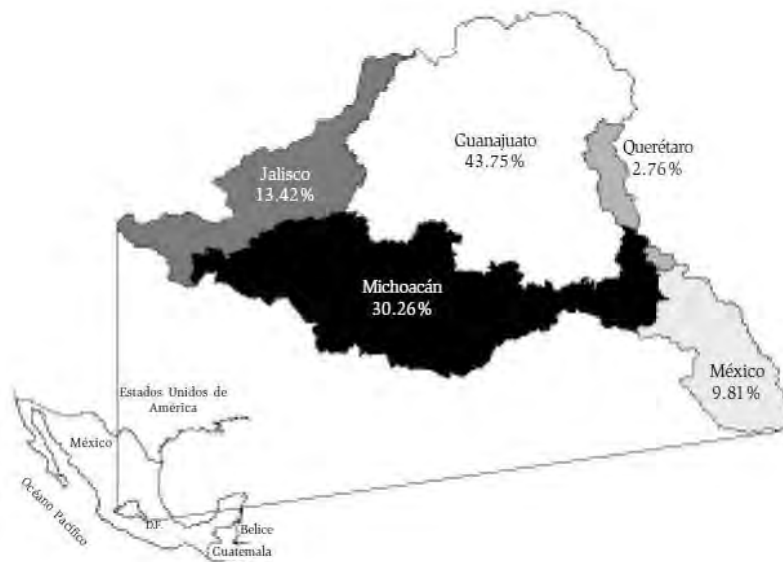


Figura 11. Cuenca del Lerma-Chapala. Fuente: Helena Cotler, “La Cuenca Lerma-Chapala: algunas ideas para un antiguo problema”, en *Gaceta Ecológica*, marzo-junio, número 071, México, DF, Instituto Nacional de Ecología, 2004, pp. 5-10

<sup>115</sup> Citado por Efraín Cárdenas, *Significado histórico y prácticas culturales. Un análisis espacial de Peralta, Guanajuato*, Tesis de Doctorado en Arquitectura, UMSNH, 2011, p. 12.

<sup>116</sup> Efraín Cárdenas García, “La tradición arquitectónica de los patios hundidos en la Vertiente del Lerma Medio”, en Eduardo Williams y Phil C. Weigand (eds.), *Las Cuencas del Occidente de México (época prehispánica)*, Zamora, Michoacán, COLMICH, 1996, p. 158.

<sup>117</sup> *Ibidem*

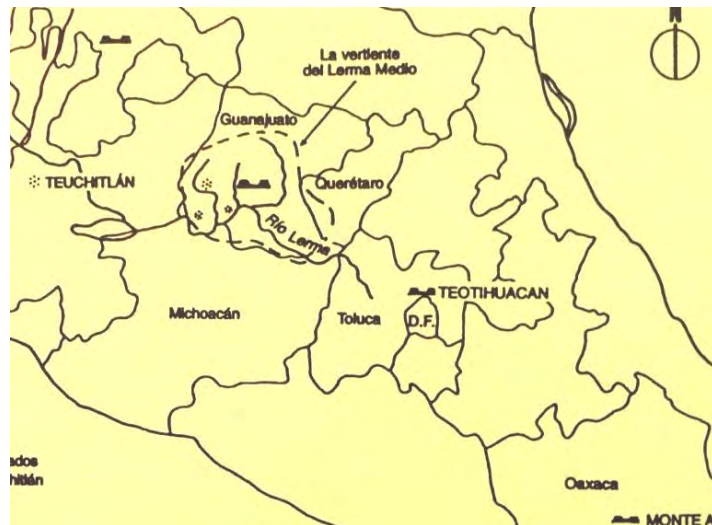


Figura 12. Vertiente del Lerma Medio. Fuente: Efraín Cárdenas García, “La tradición arquitectónica de los patios hundidos en la Vertiente del Lerma Medio”, en Eduardo Williams y Phil C. Weigand (eds.), *Las Cuencas del Occidente de México (época prehispánica)*, Zamora, Michoacán, COLMICH, 1996.

La región geográfica se caracteriza por gozar de una amplia diversidad de paisajes naturales que otorgaban los recursos necesarios para la subsistencia y para la explotación con diversos fines, lo que les permitía desarrollar su economía, política, redes de intercambio, entre otros. Existe la presencia desde espacios lacustres, palustres, serranos y porciones semi desérticas.<sup>118</sup> Es una de las regiones más ricas en suelos aluviales y se encuentra bien irrigada por importantes corrientes fluviales permanentes o temporales que desembocan en el cauce del río Lerma, además de numerosas ciénegas, manantiales y algunos lagos, varios de los cuales actualmente se encuentran ya desecados. Con todos estos elementos era posible la caza, la pesca y la recolección y, por supuesto, la riqueza en nutrientes de sus suelos favorecieron el establecimiento de áreas para cultivar necesarias para el desarrollo de la agricultura.

De manera general, la Vertiente del Lerma se divide en dos grandes zonas hidroclimáticas, los climas húmedos y secos, que se originan por la distribución diferencial de las masas de aire generadas por la presencia de los grandes sistemas montañosos que rodean la cuenca y por las alturas absolutas de las diferentes unidades morfogénicas que integran el territorio.<sup>119</sup> Esto genera cuatro tipos de climas: los templados semifríos húmedos en la parte alta de la cuenca, los climas templados húmedos y áridos templados secos en la cuenca media y los templados semicálidos subhúmedos en la parte baja

<sup>118</sup> Efraín Cárdenas, *El Bajío en el Clásico. Análisis Regional y Organización Política*, Zamora, México, El Colegio de Michoacán, 1999, p. 121.

<sup>119</sup> Ángel G. Priego Santander, *et. al.*, “Paisajes físico-geográficos de la Cuenca Lerma-Chapala”, en *Gaceta Ecológica*, marzo-junio, número 071, Distrito Federal, México, Instituto Nacional de Ecología, 2004, p. 14.

de la cuenca.<sup>120</sup> “Esta marcada orografía, aunada a la naturaleza volcánica de los sustratos geológicos, son los factores determinantes del escalonamiento de bioclimas y de la diversidad de suelos.”<sup>121</sup>

En fin, todas sus características hablan por sí solas de las posibilidades que proporcionaron a las sociedades prehispánicas para lograr un desarrollo en diferentes aspectos, resaltando en esta ocasión el desarrollo de la tecnología de morteros para la construcción.

### 2.1.1 Geología

La historia geológica de la región es fundamental para analizar, descifrar y entender los resultados obtenidos en las diferentes técnicas analíticas. La región se caracteriza por una serie de valles con algunas elevaciones situadas a diversas altitudes que corresponden a lo que geológicamente define a la región de estudio, es decir, las montañas del Eje Neo Volcánico Transversal. Las rocas que lo conforman son de reciente formación, es decir, de la era cenozoica, periodo cuaternario y terciario tardío (plioceno, pleistoceno y holoceno) y, en este caso, corresponden a diversas rocas ígneas extrusivas y para el caso de los valles, de tipo sedimentario. Como resultado de toda esta historia geológica existe una gran diversidad de rocas y materiales que fueron fundamentales y explotados durante época prehispánica.

Las rocas resultado de la geología del lugar se caracterizan por la presencia de basalto, andesitas, tobas basálticas y riolíticas y areniscas. La riolita es uno de los materiales, junto con el basalto, más frecuentes en la región, además de que no requirió excavaciones o canteras para su extracción,<sup>122</sup> por lo que su obtención se hizo mucho más factible.

Mineralógicamente hablando, la riolita presenta fases como feldespatos alcalinos, cuarzo, tridimita, cristobalita, fenocristales de cuarzo, sanidina y oligoclasa.<sup>123</sup> En ocasiones presenta biotita, augita, hornblenda y obsidiana. El basalto frecuentemente contiene labradorita, plagioclasas más cálcicas (bytownita o anortita), augita, olivino, y en ocasiones hornblenda y biotita. La masa a veces contiene vidrio intersticial. En cuanto a la andesita presenta oligoclasa o andesina, hornblenda, biotita o augita. Las areniscas tienen como componente principal al cuarzo. Las tobas pueden tener cenizas

---

<sup>120</sup> *Ibidem*

<sup>121</sup> Jean-Noël Labat, *Végétation du Nord-ouest du Michoacán, Mexique, Fascículo complementario VIII. Flora del Bajío y de regiones adyacentes*, Pátzcuaro, Michoacán, Instituto de Ecología A.C., 1995, p. 17.

<sup>122</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico... op. cit.*, p. 120.

<sup>123</sup> Cornelius S., Hurlbut, y Cornelis Klein. *Manual de mineralogía de Dana*. Editorial Reverté, S.A., Tercera edición, Barcelona, 1991.

volcánicas y polvo volcánico con alto contenido de cuarzo y con feldespatos ortoclásicos. La presencia del dióxido de silicio puede estar en cualquiera de sus polimorfos (cuarzo, tridimita o cristobalita).<sup>124</sup>

En la región también resaltan los yacimientos de materia prima como la obsidiana, ópalo, sílex, cuarzo, calcedonia, pedernal, caolín y bancos de arcilla,<sup>125</sup> que permitieron la elaboración de diversas herramientas, cerámica, materiales para la construcción, entre otros.

Guevara Ferer habla de rocas sedimentarias en los valles y ciénegas del Norte de Michoacán, entre las que predominan las calizas de origen marino (principalmente del Cretácico) constituidas por restos de animales y vegetales, cuyo origen marino demuestra que en épocas pasadas, lo que hoy es tierra firme estuvo sumergida en un mar.<sup>126</sup> Hacia el Noroeste de Michoacán menciona las reservas de minerales no metálicos como el carbón, caolín, calizas, ónice, diatomita, calcedonia, yeso, tierras fuller, cuarzo, calcita óptica, bentonita, talco, ópalo, amatista y mica, todos en diferentes volúmenes.<sup>127</sup>

La obsidiana era uno de los recursos estratégicos más importantes en Mesoamérica, por lo que su existencia en la región permitía su control y extracción no sólo para uso propio. De los yacimientos de obsidiana se encuentra La Sierra de Pénjamo, Sierra de Abasolo, Ojo Zarco y Sierra Los Agustinos, los cuatro pertenecientes a la subprovincia fisiográfica del eje neovolcánico conocida como Bajío Guanajuatense;<sup>128</sup> al sur del Río Lerma o en la parte norte de Michoacán se encuentra Zinapécuaro-Ucareo, Zináparo y Cerro Prieto y, al suroeste de Querétaro se localiza la Sierra El Rincón.

El yacimiento de la Sierra de Pénjamo, formación geológica del periodo cuaternario, se sitúa al suroeste del estado de Guanajuato. De aquí se obtenían obsidiana y riolita. Presenta siete localidades con obsidiana (en superficie) de buena calidad y de color gris verdoso: Cerro Picacho, Loma Cueva de los Coyotes, Loma La Cruz, Carboneras, Cerro Madroñera, El puerto y Coporitos. En los dos primeros se extraía obsidiana verde; en el Cerro Madroñera, gris translúcido sin impurezas y en Las Carboneras y Copositos, gris verdoso. En general, al parecer, la forma de obtención de esta materia prima era la simple recolección de nódulos, ya que no se descubrieron evidencias de trabajos para su extracción del subsuelo.<sup>129</sup>

La Sierra de Abasolo se ubica al sur de Guanajuato, entre Abasolo y Huanímaro y se compone de dos localidades: Otates y Las Mesas. La obsidiana se encuentra en un contexto geológico del periodo terciario y se halla asociada a riolita, aunque se considera que su explotación fue limitada. Es

<sup>124</sup> *Ibidem*

<sup>125</sup> Efraín Cárdenas García, “La tradición arquitectónica...”, *op. cit.*, p. 165.

<sup>126</sup> Fernando Guevara Ferer, “Los factores físico-geográficos”, en Enrique Florescano (coord.), *Historia General de Michoacán, Volumen I*, Morelia, Michoacán, Instituto Michoacano de Cultura, 1989, pp. 19.

<sup>127</sup> *Ibid* p. 23.

<sup>128</sup> INEGI, 1980 citado por Efraín Cárdenas, *El Bajío en el Clásico... op. cit.*, p. 109.

<sup>129</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico, op. cit.*, pp. 103-104.

de buena calidad, resistente, de color gris y sus nódulos permiten la fabricación de algunos artefactos.<sup>130</sup>

El volcán el Zináparo se encuentra al noroeste del estado de Michoacán. Significa “lugar de la obsidiana” y cuenta con una gran extensión y densidad de sus zonas de extracción-producción de artefactos, lo que lo convierte en una de las más grandes fuentes de obsidiana en Mesoamérica.<sup>131</sup> Presenta veintiún localidades con obsidiana, cinco de las cuales fueron posiblemente explotadas en la época prehispánica. En superficie se observa materia prima de buena calidad en forma de nódulos (hasta 30cm) de color negro y sin impurezas. Entre las minas de obsidiana está “La Guanumeña”, localizada al noroeste del Zináparo, cuya materia prima es bicolor –café rojizo con negro-.<sup>132</sup>

El yacimiento de Ojo Zarco se ubica en el extremo oriente del Bajío. Su obsidiana se remonta al periodo cuaternario y se asocia a riolita. Es de color negro y de buena calidad.<sup>133</sup> En cuanto a la Sierra Los Agustinos se localiza en el extremo sureste del Estado de Guanajuato. También se remonta al periodo cuaternario, aunque existe matriz del terciario. Los eventos volcánicos posteriores generaron enormes contactos de basalto, razón por la cual, los contactos ígneos ácidos representan un porcentaje menor que los contactos de rocas básicas; la materia prima es de buena calidad, pues es resistente y no presenta inclusiones cristalinas que dificulten la talla. Se presenta en la superficie y es de color gris opaco y gris translúcido, aunque también es posible observarla, en menor proporción y en menor número de localidades, de color café y café con negro.

Por su ubicación cultural entre la cuenca de Cuitzeo y la vertiente del río Lerma, zonas densamente pobladas en el periodo Clásico Temprano, por la calidad y cantidad de materia prima y por la existencia de cuando menos un sitio con patio hundido, la sierra de los agustinos es el yacimiento más importante del Bajío. También fue aprovechada por la cultura Chupícuaro que también explotó la obsidiana de Zinapécuaro-Ucareo. De La sierra los agustinos destacan tres localidades: Cerro Prieto, El Plan de enfrente de la Bufa y El Cedazo.<sup>134</sup>

Al sur del Zináparo se ubica el Cerro Prieto, donde se obtiene probablemente traquilita de color gris completamente opaco, materia prima muy similar a la obsidiana.<sup>135</sup> El yacimiento de Zinapécuaro-Ucareo se ubica en la parte central del eje neovolcánico, en el límite norte del estado de Michoacán.

---

<sup>130</sup> *Ibidem*

<sup>131</sup> Dominique Michelet, “La parte centro-norte de Michoacán”, en Enrique Florescano (coord.), *Historia General de Michoacán, Volumen I*, Morelia, Michoacán, Instituto Michoacano de Cultura, 1989, p. 164.

<sup>132</sup> Efraín Cárdenas García, *Atlas arqueológico de fuentes de abastecimiento de Materias Primas. Atlas Arqueológico Nacional*. Mecanuscrito, 1987, p. 12.

<sup>133</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico, op.cit.*

<sup>134</sup> *Ibid.*, p. 110.

<sup>135</sup> Ortega, 1990 citado por Efraín Cárdenas, *El Bajío en el Clásico, op. cit.*, p.117.

En su mayoría las localidades corresponden al periodo cuaternario, ya que todo el contacto de toba riolítica se originó entonces. No obstante, el contacto de riolita, donde se ubica parte de la localidad más grande conocida como Los Hoyancos, se encuentra un contexto geológico del terciario.<sup>136</sup>

La Sierra El Rincón se encuentra al suroeste de Querétaro, cerca de los límites con Guanajuato y Michoacán. La obsidiana se asocia a un contexto geológico perteneciente al periodo terciario.<sup>137</sup> Se asocia a roca ígnea ácida y se da tanto en superficie como en subsuelo. Es de buena calidad, exceptuando la que hay en la localidad de Cerro Redondo.



Figura 13. Mapa de recursos naturales en la región. Fuente: Efraín Cárdenas, “Método para el análisis espacial de sitios prehispánicos. Estudio de caso: el Bajío”, en Palapa, Vol. III, Núm. I, enero-junio, México, Universidad de Colima, 2008.



Figura 14. Distribución de yacimientos de obsidiana en la región. Fuente: Cárdenas, “La tradición arquitectónica de los patios hundidos en la Vertiente del Lerma Medio”, *op. cit.*, p. 176

<sup>136</sup> INEGI, 1978 citado por Efraín Cárdenas, *El Bajío en el Clásico*, *op. cit.*

<sup>137</sup> INEGI, 1980 citado por Efraín Cárdenas, *El Bajío en el Clásico...* *op. cit.*, p. 109.

En general, la región ofrecía recursos naturales básicos para la subsistencia que permitían la caza de animales, la pesca, así como la recolección de diversos frutos y fibras naturales; no obstante, la principal actividad económica de estas sociedades prehispánicas era sin duda la agricultura.

Además poseían, en áreas cercanas, las fuentes de abastecimiento de materia prima para la elaboración de utensilios, herramientas de trabajo y otros artefactos. Como menciona Cárdenas, es muy probable que la explotación de recursos y producción de bienes haya rebasado el autoconsumo participando en el intercambio regional.<sup>138</sup>

### 2.1.2 Suelos

Las características de los suelos presentes en la región son fundamentales para desarrollar actividades como por ejemplo la agricultura, sumamente importante durante época prehispánica. Los suelos y sus propiedades también son esenciales como materiales para la alfarería y para la construcción.

En la región predominan los vertisoles (pélico), suelos de textura pesada de color negro con abundante presencia de arcilla cementante que abundan en zonas planas con climas templados o tropicales,<sup>139</sup> así como también en los sedimentos lacustres y en áreas en que prevalecen los basaltos.<sup>140</sup> Se hinchan con la humedad volviéndose chiclosos y tienden a agrietarse cuando se secan, haciéndose bastante duros. Además son suelos muy fértiles.<sup>141</sup>

Otro tipo de suelos bastante común en la región es el feozem (háplico –Hp), el cual presenta un color oscuro debido a su alta cantidad de materia orgánica y nutrientes.<sup>142</sup> Se localiza tanto en áreas planas como en laderas, donde dominan rocas riolíticas y andesíticas.<sup>143</sup>

En los estudios de Labat se menciona que los sustratos de rocas ígneas y de cenizas volcánicas, sometidos a los diferentes climas del gradiente altitudinal, generaron una variedad de suelos que van desde los andosoles de altura hasta los vertisoles y los suelos rojos fersialíticos tropicales de las partes más bajas, donde el clima es distinto y la vegetación caducifolia.<sup>144</sup>

<sup>138</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico...*, *op. cit.*, p. 102.

<sup>139</sup> Fernando Guevara Ferer, *op. cit.*, p. 33

<sup>140</sup> Eleazar Carranza González, “Contribución al conocimiento de las plantas del género *Ipomea* L. (Convolvulaceae) en el Estado de Guanajuato, México, Fascículo complementario XVIII”, en *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, Pátzcuaro, Michoacán, Instituto de Ecología, A.C., 2001, p. 8.

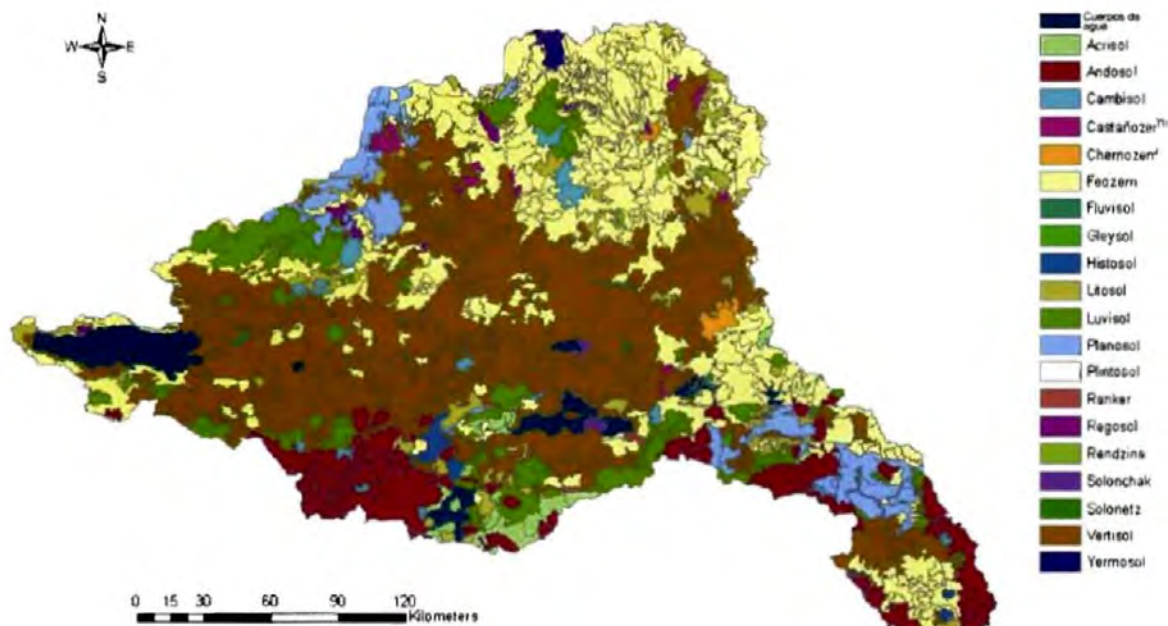
<sup>141</sup> DETENAL, Descripción de la leyenda de la carta edafológica DETENAL, México, D.F., s/f.

<sup>142</sup> *Perfiles de suelos*, INEGI, Aguascalientes, Ags., 1998, p. 56.

<sup>143</sup> Eleazar Carranza González, *op. cit.*, p. 8.

<sup>144</sup> Jean-Noël Labat, *op. cit.*, p. 18.

Un dato importante es la presencia de yacimientos de caolín que se encuentran al poniente de Comonfort, Gto. (Neutla<sup>145</sup>), al sureste de Jerécuaro, Gto. y al noreste de Tarandacuao, Gto.<sup>146</sup> Este tipo de arcilla es fundamental para la decoración del “Blanco Levantado”, uno de los tipos cerámicos comunes en la región.



Fuente: INE, 2003 (in Grandmougin, 2005).

Figura 15. Tipos de suelos en la Cuenca Lerma-Chapala. Fuente: Mollard *et. al.*, “La agricultura de riego: tipología, economía y regionalización”, en Sergio Vargas y Eric Mollard (eds.), *Los retos del agua en la Cuenca Lerma-Chapala. Aportes para su estudio y discusión*, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2005, p. 101.

### 2.1.3 Flora

Para la época prehispánica la región contenía una amplia variedad de ejemplares vegetales que proporcionaban diferente tipo de materia prima para diversos fines, desde los alimenticios, medicina tradicional hasta aquellos destinados a la elaboración de diferentes objetos o materiales como la alfarería, textiles y construcción.

Asentada principalmente en un medio de origen volcánico extrusivo, el amplio gradiente altitudinal (3,000 metros) explica la presencia de más de 15 comunidades vegetales dispuestas en tipos de suelo contrastantes, dando lugar a unidades de tierra con diferente uso, aptitud y vulnerabilidad.<sup>147</sup>

<sup>145</sup> Gabriela Zepeda, “Cañada de la Virgen, San Miguel de Allende. La Casa de los Trece Cielos y La Casa de la Noche más larga”, en Carlos Castañeda *et. al.*, *Zonas arqueológicas en Guanajuato. Cuatro Casos: Plazuelas, Cañada de la Virgen, Peralta y El Cópore*, Guanajuato, Editorial La Rana, 2007, p. 159.

<sup>146</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico... op. cit.*, p. 104.

<sup>147</sup> Helena Cotler y Ángel Prieto, *El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: el caso de la Cuenca Lerma-Chapala*, en *Estudios ambientales en cuencas*, s/f, p. 64.

La parte norte del Bajío presentaba algunas porciones semiáridas, pero la planicie aluvial se caracterizaba por cerros cubiertos de robles y el valle contenía bosques de mezquite.<sup>148</sup> También otros autores hablan de bosques de roble en los cerros y en las tierras altas adyacentes<sup>149</sup>, rasgo que se corrobora en las fuentes etnohistóricas como Las Relaciones Geográficas del siglo XVI de Michoacán.<sup>150</sup>

Estudios de paleopolen en el sitio arqueológico de Cañada de la Virgen, ubicado en San Miguel de Allende, indican que la región circundante fue un bosque de galería con especies arbóreas de gran tamaño, como los nogales y los fresnos, los ailes y los encinos.<sup>151</sup>

Guevara Ferer señala la presencia de abetos, oyameles o pinabetes, bosques de pinos y encino en la Sierra del Centro (Eje Neovolcánico Transversal), así como diversos tipos de arbustos. Para la parte Norte de Michoacán (en lo que él llama valles y ciénegas del Norte), sur de Guanajuato y norte de Jalisco, menciona la existencia de matorral subtropical que se desarrolla en los lomeríos de rocas ígneas que bordean dichos valles y ciénegas y se compone de ejemplares como “chilillo”, “copal”, “papelillo”, “zapote blanco”, “pochote”, “palo dulce”, “cazahuate”, “tepehuaje”, “nopál”, “pitayo”, “acebuche”, entre otros. Entre los pastos menciona el *Bouteloa filiformis*, *Hilaria cenchroides* y *Oplismenus burmanii*.<sup>152</sup>

Labat realizó una serie de inventarios de la vegetación que crece en forma silvestre en los estados de Guanajuato, Querétaro y en la parte septentrional de Michoacán cuyas alturas van desde los 1500 a los 3400 m de altitud. Registra 969 especies y 446 géneros que se agrupan en 42 elementos y se definen de acuerdo a su área de distribución geográfica. Menciona las siguientes familias: Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Solanaceae, Cactaceae, Fagaceae y Rubiaceae. Resalta el bosque mesófilo de oyamel que es más limitado a las partes más altas de algunos cerros, el bosque de pino, bosque de encino, bosque tropical caducifolio, entre otros.<sup>153</sup> Carranza señala mayormente el pastizal, bosque tropical caducifolio/matorral subtropical y bosque de encino.<sup>154</sup>

<sup>148</sup> Brown citado por Efraín Cárdenas, “Método para el análisis espacial...” *op. cit.*, p. 9.

*Ídem*, *El Bajío en el Clásico*, *op. cit.*, p. 9.

<sup>149</sup> Phil Weigand y Eduardo Williams, *Arqueología y etnohistoria. La Región del Lerma*, Zamora, Michoacán, El Colegio de Michoacán/Centro de Investigación en Matemáticas, 1999, p. 17.

<sup>150</sup> René Acuña (ed.), *Relaciones geográficas del siglo XVI: Michoacán*. Serie Antropológica 74, IIA, México, UNAM, 1987, p. 66.

<sup>151</sup> José Luis Alvarado y Susana Xelhuatzi López citados por Gabriela Zepeda, *op. cit.*, p. 83.

<sup>152</sup> Fernando Guevara Ferer, “Los factores bióticos o biológicos. La Vegetación”, en Enrique Florescano (coord.), *Historia General de Michoacán, Volumen I*, Morelia, Michoacán, Instituto Michoacano de Cultura, 1989, p. 33.

<sup>153</sup> Jean-Noël Labat, *op. cit.*, p. 18 y 79.

<sup>154</sup> Eleazar Carranza González, *op. cit.*

La riqueza de la flora es resultado de la variabilidad de factores ecológicos como la topografía, el clima, la geología y la edafología. Algunos de los ejemplares seguramente fueron utilizados para la construcción, como los troncos de algunos árboles como vigas y morillos, o algunas especies de pastizales o vegetales para la elaboración de cubiertas y de los morteros mismos.

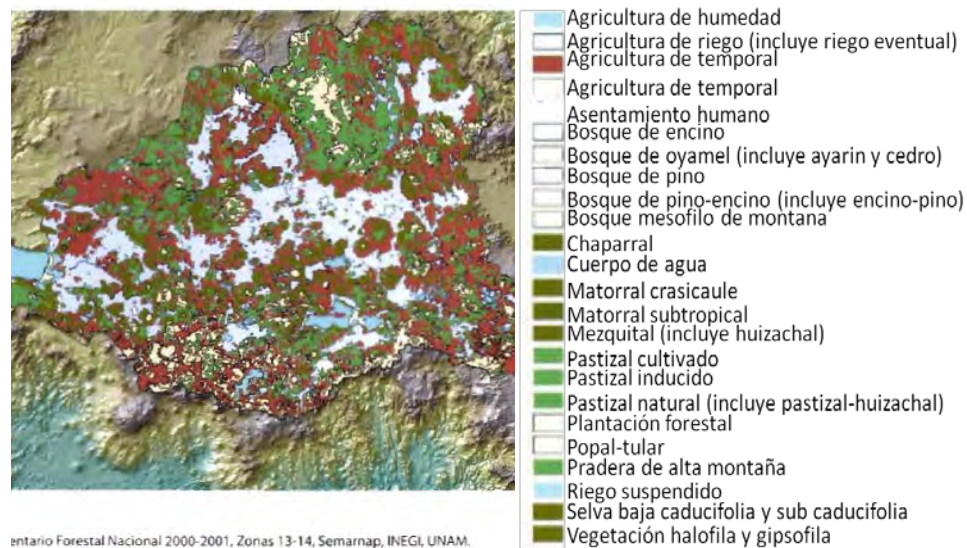


Figura 16. Tipos de vegetación en la Cuenca del Lerma. Fuente: Mollard, *et. al, op. cit.*, p. 100.

#### 2.1.4 Hidrología

Uno de los aspectos sobresalientes de la región y justo a partir de la cual se define, es la presencia del río Lerma, que jugó un papel fundamental en el desarrollo de las sociedades, pues fue y ha sido un recurso primordial desde época prehispánica. Dicho río nace en el Estado de México y pasa por los límites actuales entre Guanajuato y Michoacán con una dirección de noreste a suroeste desembocando, junto con sus afluentes, en el Lago de Chapala en su extremo noreste. Sus afluentes principales son los ríos Laja, Apaseo, Silao, San Juan, Guanajuato y Turbio.

El río Lerma, además de ser una fuente evidente de agua, suministró materia prima fundamental, como por ejemplo el bejuquillo que se encuentra en sus orillas, que entre otras cosas se puede utilizar para cestería y para diversos fines constructivos como la fabricación del bajareque, techos, casas de material perecedero, entre otros.

Por otra parte, el río proporcionaba productos alimenticios como el pescado blanco y el charal; sin embargo, se debe tomar en cuenta que en época prehispánica muy probablemente existieron otras especies aprovechables y que probablemente en la actualidad se hayan extinguido. Hoy en día, o al menos hasta hace algunos años, observamos otras especies de pescado que se introdujeron

posteriormente. Las sociedades prehispánicas del Epiclásico eran primordialmente agrícolas, por lo que el río también proveía opciones para su desarrollo.

Otro aspecto importante de un cuerpo de agua como el río Lerma, es su función como una vía de comunicación o como un elemento que permitía el tránsito entre ésta y otras regiones, no sólo de productos y materia prima, sino también de ideas.<sup>155</sup>

“El río –como hasta hace algunas décadas- era no sólo un elemento natural rico en especies acuáticas, sino que para los pobladores de sus inmediaciones era un elemento cultural, un factor de identidad social. Los mapas mentales de las personas, su movilidad y territorialidad, sus caminos e incluso sus costumbres, en buena medida reflejaban su interacción con el medio, con el río y su entorno lacustre y palustre.”<sup>156</sup>

Además del río Lerma existieron otras fuentes de agua tanto estacionales como perennes. La región más rica en lagos permanentes interiores de diferentes tamaños, profundidades y estados evolutivos es la que abarca el norte de Michoacán y el centro de Jalisco, existiendo la posibilidad de que el Bajío haya formado parte de esta área lacustre.<sup>157</sup>



Figura 17. Cuenca del Lerma. Fuente: Güitrón, “Modelación matemática en la construcción de consensos para la gestión integrada del agua en la cuenca Lerma-Chapala, en Sergio Vargas y Eric Mollard (eds), *Los retos del agua en la Cuenca Lerma-Chapala. Aportes para su estudio y discusión*, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2005, p. 28.

Es un hecho que el río Lerma ha sido fundamental en el desarrollo de las comunidades actuales asentadas en sus inmediaciones, lo cual, según las investigaciones arqueológicas ocurrió también durante época prehispánica.

<sup>155</sup> Dominique Michelet, *op. cit.* p. 157.

<sup>156</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico*, *op. cit.*

<sup>157</sup> Jerzy Rzedowski, *Vegetación en México*, México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Primera edición digital, 2006, p. 32.

## 2.2 Problemática cultural de la región de estudio

Una de las grandes problemáticas en la región ha sido su definición, pues a diferencia de otras que se delimitan a partir de numerosos rasgos semejantes o por la homogeneidad en sus características, esta región cuenta con diferentes elementos que impiden hablar de un grupo cultural como tal, razón por la cual también ha habido dificultades para señalar los límites precisos a nivel geográfico. Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, el hablar de una “región” determinada es únicamente un referente, pues la arqueología generalmente trabaja a través de similitudes y diferencias, pero sin duda sería un error hablar de límites rígidos en un espacio como el mesoamericano donde la movilidad, las migraciones, la interacción, el comercio, fueron bastante comunes.

Los estudios arqueológicos en la región iniciaron ya hace poco más de un siglo, tiempo en el que ha habido diferentes enfoques e interpretaciones, aumentando poco a poco el conocimiento de la región de estudio, aunque por supuesto las interrogantes existentes en torno a los grupos que la ocuparon aún rebasan en gran medida el conocimiento que se tiene de ellos.

Si bien una parte fundamental en su desarrollo es la llamada Tradición Bajío, cuya zona nuclear se definió a partir de un diseño arquitectónico como es el patio hundido, región que a grandes rasgos incluye la porción meridional y la porción media de la mesa del centro del estado de Guanajuato,<sup>158</sup> en los alrededores se localizan una serie de sitios que no comparten este elemento, pero sí otros rasgos, además de que los mismos sitios de dicha tradición presentan elementos diversos que hacen de ésta una región sin una homogeneidad como la que caracteriza a otras regiones.

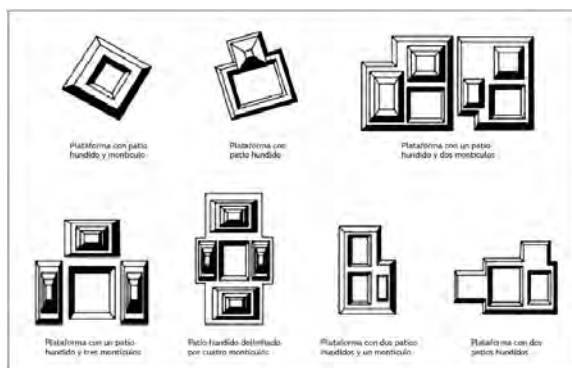


Figura 18. Variantes constructivas de patio hundido. Fuente: Efraín Cárdenas, “Método para el análisis espacial de sitios prehispánicos...”, *op. cit.*, p. 10.

Si ponemos en el panorama los mil ciento ochenta sitios registrados solo en el Estado de Guanajuato de los cuales 174 corresponden a la tradición Bajío, número que por supuesto puede aumentar con excavaciones sistemáticas, nos da una idea de la cantidad de sitios con características

<sup>158</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico...*, *op. cit.*

diversas al patio hundido, de los cuales solo algunos han sido excavados: "...estamos en una región de múltiples contactos culturales, y por tanto, en un espacio clave para entender varios procesos relacionados con las sociedades del Centro y Occidente de México".<sup>159</sup> Para Taladoire<sup>160</sup> "Toda esta parte del Bajío resulta en realidad el cruce de influencias opuestas y complejas, además de tener su propia identidad cultural y para entender su trayectoria se deben considerar las interacciones de esos distintos factores." Para Castañeda y Quiroz, el Bajío guanajuatense "...se caracterizó por ser una región fronteriza entre sociedades con diferente modo de vida, por convivir grupos de diferente etnia y por ser un lugar de constantes migraciones".<sup>161</sup> Para Fernández-Villanueva "...la vertiente del Lerma fue una zona donde coexistieron diferentes complejos culturales."<sup>162</sup>

Castañeda *et. al.* proponen una secuencia cronológica para la región, dividida en siete etapas, siendo la más importante la que va del 350 al 900 d.C. denominada Desarrollo Regional.<sup>163</sup>

Las investigaciones sistemáticas y más continuas en algunos de los sitios, como por ejemplo Cañada de la Virgen, Peralta, Plazuelas, Cerro Barajas todos en el estado de Guanajuato y por otro lado Zaragoza en el Estado de Michoacán, aunado a los diversos recorridos y registro de sitios arqueológicos principalmente por parte del Atlas Arqueológico de Guanajuato<sup>164</sup> en el año de 1986, además de algunas excavaciones esporádicas en algunos sitios como Cerrito del Muerto en La Piedad, Michoacán, han permitido visualizar la diversidad cultural presente en la región, sus semejanzas y diferencias que nos hacen considerar la existencia de interacciones y diversos procesos sociales que aún están en proceso de estudio.

Uno de los elementos fundamentales es su posición como un paso natural que une a diversas regiones, además de contener una gran cantidad de recursos naturales como fuentes de abastecimiento de materiales ya mencionados en el apartado anterior y, si a esto le añadimos su importante ubicación, se trata evidentemente de un punto estratégico para el intercambio comercial y cultural.

---

<sup>159</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico...*, *op. cit.*

<sup>160</sup> Eric Taladoire, "El centro norte como frontera del Occidente", en *Antropología e Historia del Occidente de México. XXIV Mesa Redonda SMA*, Tomo II, México, SMA, UNAM, 1998.

<sup>161</sup> Carlos Castañeda y Jorge Quiroz, "Plazuelas y la tradición Bajío", en Efraín Cárdenas (ed.), *Tradiciones arqueológicas*, Colegio de Michoacán, 2004, p. 141.

<sup>162</sup> Eugenia Fernández-Villanueva M, "Evidencias de una tradición mesoamericana en Zaragoza", en Efraín Cárdenas García (ed.), *Tradiciones Arqueológicas*, Zamora, Colegio de Michoacán, A.C., 2004, p. 297.

<sup>163</sup> Carlos Castañeda, *et al.*, "Interpretación de la historia del asentamiento en Guanajuato," en *Cuadernos de trabajo No 1, de primera reunión sobre sociedades prehispánicas en el Centro Occidente de México*, Centro Regional INAH-Qro., 1988, pp. 321-355.

<sup>164</sup> Este proyecto a cargo del INAH ha logrado catalogar mil 180 sitios arqueológicos. Citado en Efraín Cárdenas García, "Método para el análisis espacial...", *op. cit.*, p. 6.

Es indiscutible que con todas estas características poseían lo necesario para lograr un desarrollo independiente del Centro de Mesoamérica,<sup>165</sup> aunque debe quedar claro que esto no implica un aislamiento total. La distribución de los asentamientos (principalmente en laderas, márgenes de ríos, lagos o en las inmediaciones de la materia prima) giraba en función del acceso y control de dichos recursos naturales.<sup>166</sup>

Para Taladoire, geográficamente la región presenta todos los rasgos característicos de un doble papel de zona fronteriza y de zona de contactos, ya que posee el aspecto de eje de comunicación y de zona de transición ecológica, pues el valle del Lerma, de dirección este-oeste, forma un verdadero corredor del centro de México hacia el occidente.<sup>167</sup>

Ejemplos de la diversidad en la región la podemos detectar en una gran cantidad de sitios, de los cuales muy pocos han sido excavados y hacen evidente precisamente dichas similitudes y diferencias entre algunos de los sitios de la región, donde el patrón arquitectónico varía, aunque se muestran similitudes en cuanto a sistemas constructivos. El sitio de Nogales se encuentra en la ladera norte del Cerro Barajas en el municipio de Pénjamo. Cuenta con patios hundidos, además de que Cárdenas<sup>168</sup> sugiere la existencia de una cancha para juego de pelota, sin embargo, no hay excavaciones que lo corroboren. El sitio muestra aspectos arquitectónicos del Bajío pero con variaciones y en espacios diferentes.<sup>169</sup>

El sitio del Cerrito del Muerto se encuentra en La Piedad, Michoacán y se caracteriza por una estructura circular semejante a las características de la tradición Teuchitlán, lamentablemente, al encontrarse dentro de la mancha urbana, ya no se cuenta con mayores evidencias. Se realizaron algunas excavaciones donde se encontró una escalinata a base de lajas y con un sistema constructivo similar al de los patios hundidos del sitio Peralta.<sup>170</sup>

Cañada de la Virgen se ubica a 30 km de la ciudad de San Miguel Allende, Guanajuato. Se conforma diversos complejos arquitectónicos en los que resalta la presencia de patios hundidos y de una estructura circular. Un dato importante es la existencia del templo sobre el basamento piramidal, el cual aún conserva restos de la pintura mural.<sup>171</sup>

<sup>165</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico...*, *op. cit.*

<sup>166</sup> Carlos Castañeda, *et. al.*, "Interpretación de la historia del asentamiento en Guanajuato", *op. cit.*

<sup>167</sup> Eric Taladoire, *op. cit.*

<sup>168</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico... op. cit.*, p. 191.

<sup>169</sup> Gerald Migeon, *et. al.*, "Transformaciones demográficas y culturales en el Centro-Norte de México en vísperas del Posclásico: los sitios del Cerro Barajas (suroeste de Guanajuato)", en *XXVI Mesa Redonda de la SMA, Zacatecas*, 2000.

<sup>170</sup> Ramiro Aguayo, *El sistema de terracedo en el Cerro Peralta: Un ejemplo de la producción agrícola del Bajío prehispánico, estimación de producción de maíz y la capacidad de sustentación*, Tesis de Maestría, La Piedad, Michoacán, El Colegio de Michoacán, A.C., 2009, p. 52.

<sup>171</sup> Gabriela Zepeda, *op. cit.*, p. 92.

En fin, podemos hablar de una serie de ejemplos más donde el patrón y elementos arquitectónicos hacen referencia a características de diversas tradiciones. Así pues, en esta región caracterizada por la diversidad debieron ocurrir una serie de procesos sociales donde las interacciones entre diferentes grupos se reflejan en la cultura material, ya sea por tratarse de una zona donde confluyeron distintos grupos por intereses comerciales, por los recursos estratégicos, por ser un punto que une varias regiones como el Centro, Occidente y Norte de México y por lo tanto un paso hacia diversos puntos; sin embargo, también se han podido identificar elementos comunes que ligan a los grupos no solo por compartir una región geográfica determinada, sino que lograron desarrollar ciertas tecnologías a partir del aprovechamiento de los materiales a su disposición y a partir de las prácticas culturales, ideológicas, rituales, que desarrollaron en este flujo de interacciones y procesos sociales.

Un ejemplo de ello son las tecnologías desarrolladas a partir del uso de la tierra. Es bien sabido que existe una tradición en el uso de la tierra para la construcción y diversos fines no solo en la región, sino también en el país y en el mundo entero al ser un recurso común, no obstante, las formas de expresión de las diferentes culturas dan paso a diversas técnicas constructivas empleando tierra con exclusividad o en combinación con otros materiales.<sup>172</sup> Es decir, las técnicas y el acondicionamiento de este material se dan como respuestas lógicas a necesidades locales.<sup>173</sup>

En la región, a partir de los diversos estudios que se han realizado en diferentes sitios, se ha observado una cierta homogeneidad en los materiales cerámicos, la cual nos habla de técnicas y significaciones comunes, ya que presentan una serie de características muy similares en toda la región, aunque con ciertas variaciones y cambios en los porcentajes de frecuencia de aparición de cada sitio.

Es bien sabido que la cerámica es un indicador cultural de diversos procesos sociales, culturales, ideológicos, políticos, razón por la cual la arqueología echa mano de su estudio, además de que generalmente su conservación es adecuada.

Se ha estudiado de forma independiente en cada proyecto y en el 2007 se realizó un taller reuniendo materiales cerámicos procedentes de Peralta, Cerro Barajas, El Cópore, todos en Guanajuato y Zaragoza en Michoacán. La comparación permitió identificar ciertas variantes pero se corrobora la similitud que presentan los tiestos en cuanto a acabado, decoración y forma. Los resultados lanzaron una tipología que puede ser usada para la región.

<sup>172</sup> Graciela Viñuales, "Tecnología y construcción con tierra", en *Apuntes*, vol. 20, núm. 2, 2007, pp. 220-231.

<sup>173</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, "Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva", en *Apuntes*, vol. 20, núm. 2, 2007, pp. 182-201.

Los tipos más comunes son el inciso, el esgrafiado, el negro sobre anaranjado, el blanco levantado, el rojo pulido y rojo sobre bayo<sup>174</sup>, estos dos últimos con frecuente decoración al negativo. Todos estos tipos se han encontrado desde el periodo Clásico y permanecen para el periodo Epiclásico, aunque por supuesto en porcentajes diferentes. Otro tipo presente en diversos sitios es el terracota o rojo burdo.

Las formas más frecuentes son ollas globulares o de silueta compuesta, cajetes, cajetes base pedestal (trenzado o calado) y anular, platos y cuencos. También se ha identificado una relación entre tipo, decoración y forma, pues hay ciertos tipos que solo aparecen en determinada forma, por ejemplo el negro sobre naranja y el blanco levantado solo se presentan en ollas; los cajetes base pedestal se presentan mayormente en el tipo rojo y rojo sobre bayo, y el café pulido inciso y esgrafiado generalmente se presenta en cajetes y en ollas pequeñas.



Figura 19. Cerámica de la región. Colecciones Peralta, Zaragoza y Cañada de la Virgen. Fotos Peralta y Zaragoza: A. Cuéllar. Fuente de imágenes Cañada de la Virgen: Gabriela Zepeda, “Cañada de la Virgen, San Miguel de Allende. La Casa de los Trece Cielos y la Casa de la Noche más larga”, en Carlos Castañeda, *et. al.*, *Zonas arqueológicas en Guanajuato. Cuatro Casos: Plazuelas, Cañada de la Virgen, Peralta y El Cópore, Guanajuato*, Editorial La Rana, 2007, pp. 71-182.

Estas comparaciones principalmente se dan en sitios excavados, aunque algunos recorridos de superficie en la región han detectado los tipos comunes antes mencionados.

Los estudios en la cerámica hacen notar que cada tipo cerámico tiene cierto tipo específico de desgrasantes, es decir, la pasta con la que fueron elaborados presentan variaciones que pueden identificarse incluso a simple vista. Esto demuestra el grado de conocimiento que tenían sobre las técnicas y sobre el uso de la tierra, cuyo conocimiento seguramente se igualaba en la construcción.

<sup>174</sup> Efraín Cárdenas García, *El Bajío en el Clásico...*, *op. cit.*, p. 120.  
Ídem, *Significado histórico y prácticas culturales...*, *op. cit.*

En la región se han llevado a cabo diversos intentos por unificarla, sin embargo, dicha unificación se ha dado a partir de la ubicación espacial en la denominada Vertiente del Lerma Medio y principalmente a partir de elementos cerámicos, aunque en general, la región se define a partir de la diversidad. Este hecho habla de procesos sociales específicos cuyos estudios están en curso actualmente por medio de la investigación de diversos arqueólogos que la trabajan, por lo que, como ya se ha señalado anteriormente, este trabajo pretende aportar datos para enriquecer el conocimiento de dichos procesos.

Para Cárdenas la región se considera

...como la demarcación resultante del análisis del paisaje, sus recursos y las obras del hombre en un esquema de interacción más que de causalidades o determinismos [...] aquí la Cuenca del Lerma proporciona el escenario natural de la acción social, el término de paisaje cultural resulta en este sentido muy adecuado.<sup>175</sup>

El uso de esta demarcación en la actualidad refleja los intentos por unir la parte natural y cultural, donde la diversidad es la característica fundamental que define a la región y la cuenca hidrológica ha permitido de cierta manera esta unión, sin embargo, es importante volver a recalcar que no podemos hablar de límites o fronteras rígidas como se tiende a manejar hoy en día, sino que son intentos por facilitar el manejo y entendimiento de diversos procesos ocurridos en época prehispánica, donde la movilización de grupos era enorme y los contactos totalmente frecuentes.

En el apartado siguiente se describen los cuatro sitios de estudio centrales en esta investigación, aunque reitero que el sitio del Cópore se ha ligado más a otra región, pero aledaña a la Vertiente del Lerma Medio y como punto de comparación será importante.

## 2.3 Sitios de estudio: aspectos ambientales y culturales

### 2.3.1 Peralta

El sitio de Peralta se ubica en el suroeste del estado de Guanajuato, en el municipio de Abasolo, formando parte del Bajío Guanajuatense. Los suelos de esta subprovincia son de dos tipos: los derivados de aluviones y los desarrollados a partir de la roca o material que los sustenta, es decir, se identifican los



Figura 20. Ubicación de Peralta, Gto.  
Fuente: mapa base Google Earth.

<sup>175</sup> *Ídem*, p. 9.

siguientes: Vertisoles pélicos (negros o gris oscuro), Castañozem (ricos en materia orgánica y nutrientes y acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo), Castañozem cálcicos (con acumulación de caliche suelto) y Feozem calcáricos (con presencia de cal).<sup>176</sup>

La vegetación del Bajío Guanajuatense incluye bosques de encino, de encino-pino, y de pino-encino; matorrales subtropicales, crasicaule y desérticos rosetófilos; mezquitales y chaparrales y pastizales naturales y halófilos.<sup>177</sup> Cárdenas menciona algunos ejemplos de vegetación nativa del Cerro Peralta como la *Condalia velutina*, *Gomphrena serrata*, *Iresine* y la *Mimosa monancistra*.<sup>178</sup>

Culturalmente, Peralta se trata de uno de los sitios de mayor tamaño de los 174 que forman parte de la llamada Tradición el Bajío. Su núcleo abarca aproximadamente 75 hectáreas, aunque la extensión total del sitio, que incluye conjuntos arquitectónicos de rango medio y los espacios de vida cotidiana, hacen que se considere unas 300 hectáreas. La estructura urbano-arquitectónica presenta un patrón extendido hacia la ladera del cerro Peralta, donde precisamente se hallan sitios de rango medio y sitios menores dedicados a actividades domésticas y de trabajo. Tanto en este cerro como en sitios aledaños se detectó también un sistema de terraceo principalmente para fines agrícolas.<sup>179</sup>

En el sitio se encuentran varios conjuntos en los que se detectó el uso de morteros para pegar piedras, como aplanados, en pisos y bajareque, además de diversas edificaciones con arquitectura de tierra. De sus construcciones sobresale el edificio Doble Templo y Patio Hundido, el Recinto de los Gobernantes y el conjunto Templo-Recinto-Patio Hundido.

El conjunto Doble Templo y Patio Hundido mide en total 85m x 79m y consta precisamente de dos templos ubicados al oriente y sur de un patio hundido y una banqueta lateral en forma de L (al norte y al poniente). En estos edificios también se descubrieron



Figura 21. Foto: E. Cárdenas

morteros como parte de la alfarda de la escalinata de los basamentos a base de arcilla para pegar las piedras. Uno de los basamentos presentó tres etapas constructivas. La subestructura, que corresponde a la primera etapa, se trata de un recinto interior formado por un muro de piedra careada y con un aplanado con mortero de arcilla y fibras vegetales. En algunos fragmentos se observan manchas de ceniza.

<sup>176</sup> *Síntesis Geográfica de Guanajuato*. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. 1980.

<sup>177</sup> *Ibidem*

<sup>178</sup> Efraín Cárdenas García, *Significado histórico y prácticas culturales...*, *op. cit.*, p. 36

<sup>179</sup> Ramiro Aguayo, *op. cit.*, p.122.



Figura 22. Foto: E. Cárdenas

El Recinto de los Gobernantes destaca por sus dimensiones (147m x 130m y 12m de alto) y posee además una estructura circular. Se trata de un espacio para la celebración de actos

públicos y el lugar de residencia de la clase gobernante. Es importante señalar que se detectaron diversos muros de habitaciones con restos de bajareque y adobe. El sistema constructivo consiste en un núcleo de piedra y tierra sostenido por un muro de piedra brasa aparentemente sin mortero recubierto con otro muro de piedra careada y cubierto con un aplanado de arcilla y fibras vegetales. Estos aplanados se encuentran mayormente conservados en las partes interiores o menos expuestas a la intemperie donde además se han observado restos de pisos y aplanados de tierra.

El Conjunto Templo-recinto y Patio Hundido consta de un patio hundido delimitado por un basamento en el lado oriente, una plataforma de menores dimensiones en el lado sur (en la que se construyó una especie de recinto) y una banqueta en forma de L que delimita los lados norte y poniente del patio. El basamento 1 presentó un primer momento constructivo que consta de un recinto de planta circular con sistema constructivo de talud y muro vertical y

...los materiales constructivos son los mismos, basalto, cantera y arcilla, sólo que en esta parte fueron empleados en diferente cantidad; aquí la arcilla se aplicó como mortero, lo que muestra mayor proporción que en las otras estructuras. Los aplanados y pisos —aún visibles en las partes más profundas— fueron hechos de arcilla mezclada con fibras vegetales y en algunos casos endurecidos al fuego, sobre todo en los aplanados de los muros. La estructura tiene planta circular y el recinto en su parte superior está delimitado por un muro perimetral construido de piedra pómez y arcilla [...] Después del recinto circular hay una nueva etapa constructiva, una edificación de planta quizá rectangular, construida fundamentalmente con tierra arcillosa de color café claro; mantiene el sistema de talud y muro vertical de otros edificios. De esta etapa se identifica la esquina suroeste del basamento 1, una porción de muro en el lado poniente y pequeñas partes del muro sur. Cuatro capas de recubrimiento de arcilla fueron colocadas como acabado en esta subestructura —que probablemente alcanzara una altura de cinco metros—, seguramente obedeciendo a cuestiones de mantenimiento. La última y más reciente etapa constructiva repite la forma rectangular del basamento, sólo que ahora se empleó piedra careada (basalto) para formar los muros en talud y vertical [...] Por la evidencia de estos notables cambios en la arquitectura, la excavación sistemática del basamento del conjunto 4 será fundamental para estudiar tres momentos de cambio cultural en Peralta.<sup>180</sup>

Este sitio ha sido excavado en diversas temporadas de trabajo y los datos adquiridos son de gran importancia para la región en general. Si bien los datos obtenidos son de diversas etapas del sitio y no solo del Epiclásico, periodo central en esta investigación, los datos serán relevantes para entender y

<sup>180</sup> Efraín Cárdenas García, “Método para el análisis espacial...”, *op. cit.*, p. 13

tener un marco de referencia de ese cambio cultural, lo cual es fundamental dentro de una tradición, es decir, la permanencia en el tiempo con ciertos cambios.<sup>181</sup>

### 2.3.2 Plazuelas

Este sitio se localiza en el actual municipio de Pénjamo en Guanajuato, entre dos subprovincias fisiográficas: Los Altos de Jalisco y los bajíos michoacanos. El primero tiene suelos de tipo Feozems háplicos, Planosoles mólicos, Litosoles, Vertisoles pélicos y Cambrisol. En cuanto a la vegetación de esta subprovincia es el bosque de encino y pino, el matorral subtropical y el pastizal. El segundo contiene suelos correspondientes principalmente a los Vertisoles, los cuales, debido a la variedad de topoformas de la zona, se encuentran asociados a otros tipos de suelo como Litosol, Feozem háplico, Luvisol vértico y férrico y Gleysol mólico. Entre la vegetación resalta el bosque de encino y el matorral subtropical.<sup>182</sup>

De este sitio arqueológico resaltan varios elementos. Uno de ellos se relaciona con los numerosos petrograbados y maquetas entre el afloramiento rocoso. Por otra parte, se encuentran distintas construcciones que hacen notar la interacción de diversos grupos.

Los restos arqueológicos se encuentran al sur del Cerro Los Picachos en tres laderas que fueron acondicionadas o niveladas para la construcción de los edificios. Dichas laderas están separadas por dos barrancas, Los Cuijes y Agua Nacida. En la ladera poniente hay una cancha para el juego de pelota de aproximadamente 50m x 10m y una zona habitacional. Este conjunto aún está sin excavar.

En la ladera central se encuentra una serie de terrazas de distintas dimensiones que forman una gran explanada en la que se construyó un conjunto de edificios. El conjunto más grande se denomina



Figura 23. Ubicación de Plazuelas, Gto. Fuente: Imagen base de Google Earth



Figura 24. Imagen de maqueta con representaciones arquitectónicas. Plazuelas



Figura 25. Imagen de centro ceremonial Plazuelas, Gto. Foto: A.

<sup>181</sup> Toda la información proviene de las publicaciones realizadas por el Arqueólogo Efraín Cárdenas García, Doctor Investigador del Colegio de Michoacán.

Ídem, "Método para el análisis espacial...", *op. cit.*

Ídem, "Significado histórico y prácticas culturales...", *op. cit.*

<sup>182</sup> *Síntesis Geográfica de Guanajuato, op. cit.*

Casas Tapadas y corresponde a la tradición de los patios hundidos (Tradición Bajío). Se compone de una plataforma rectangular sobre la que se construyeron cuatro basamentos piramidales (norte, sur, centro y oriente) y una habitación porticada entre los edificios norte y sur. Otro rasgo es la presencia de un recinto o cuarto al interior de las plataformas piramidales construido a base de piedra careada y con aplanado de tierra.

Al sur de este conjunto se localiza una cancha para juego de pelota con forma de I latina y orientación norte-sur. Al poniente de la cancha se observan tres pequeñas plataformas.

En la ladera oriente hay cuatro edificios construidos desde la parte media de la ladera hasta la cima del cerro. Estos edificios son muestra de la influencia de otras tradiciones culturales. En la parte sur se localizan Los Cuitzillos, formado por tres basamentos piramidales que conforman una plaza cuadrangular asociada a una serie de terrazas y que refleja la concepción arquitectónica cuadrangular del centro de México. Más al norte está el Cajete, que consta de un edificio de planta anular con una explanada en la parte interior y un pequeño basamento en la parte central con influencias provenientes de la tradición Teuchitlán.<sup>183</sup>

Cerca de este elemento está La Crucita, basamento cuadrangular construido sobre un afloramiento rocoso. Finalmente, casi en la cima de un cerro, se construyeron dos basamentos piramidales de forma cuadrangular ubicados al norte y al oeste de un espacio de la misma forma. Este conjunto se denomina El Cobre.

El sistema constructivo en general es a base de un núcleo de piedra braza en seco y recubierto por muros de piedra labrada unidos con lodo y con un revestimiento con aplanado de barro crudo y pisos de tierra clara compactada.<sup>184</sup>

### 2.3.3 Zaragoza

Este sitio se encuentra al noroeste del Estado de Michoacán, en el actual municipio de La Piedad de Cabadas, que formaría parte de la subprovincia bajíos michoacanos, datos ya mencionados anteriormente, pues se trata de la misma subprovincia que el sitio de



Figura 26. Ubicación de Zaragoza, Mich.  
 Fuente: imagen base tomada de Google Earth

<sup>183</sup> Phil Weigand, *Evolución de una civilización prehispánica. Arqueología de Jalisco, Nayarit y Zacatecas*, Zamora, México, El Colegio de Michoacán, 1993.

<sup>184</sup> Toda la información se obtuvo de la publicación realizada por los Arqueólogos Carlos Castañeda, investigador del Centro INAH Guanajuato y Jorge Quiroz Rosales, arqueólogo egresado de la Universidad Veracruzana: "Plazuelas y la tradición del Bajío", *op. cit.*

Plazuelas. Se ubica en el llamado Valle de Aramútaró, nombre que se retomó de la primera población en esta planicie registrada en las fuentes documentales, que incluye las poblaciones de La Piedad, Santa Ana Pacueco, Yurécuaro y Numarán, entre las más relevantes.<sup>185</sup>

A este sitio comúnmente se le denomina como Cerro de los Chichimecas. La zona de edificios y restos arqueológicos están sobre la ladera de la mesta conocida como Mesa de Acuitzio, aunque podemos decir que hay restos prácticamente hasta el río Lerma hacia el oriente y hasta la población de La Unión de Guadalupe hacia el sur.

La parte nuclear del sitio se ubica al pie del frente rocoso característico del sitio. Por sus otros tres flancos está rodeado por terrazas de tipo agrícola y habitacional. En éstas últimas se encuentran algunos alineamientos o cimientos de muros posiblemente de unidades habitacionales, además de material cerámico y lítico (fragmentos de metates, pulidores, entre otros) en gran cantidad. Las terrazas agrícolas se acondicionaron aprovechando la pendiente del cerro para el riego de cultivo y desagüe, colocando muros irregulares de contención para soportar la terraza. Esto nos demuestra la importancia de la agricultura, evidente en toda la región.

En cuanto a la arquitectura tenemos edificios cívicos o ceremoniales (plataformas, montículos, calzadas, una cancha para juego de pelota), habitacionales, terrazas de cultivo y habitacionales, además de otros elementos sobresalientes como petrograbados y cerámica. El centro cívico-ceremonial consta de diversos edificios piramidales, algunas plataformas de nivelación y una cancha para juego de pelota.

Este elemento destaca de entre sus construcciones. Se encuentra sobre una nivelación artificial; tiene forma de I latina, con una orientación de 15° hacia el noroeste y mide 57.25m de largo por 15m de ancho. Otro conjunto que ha sido excavado es el conformado por una estructura piramidal o Estructura 2 al oriente y una plataforma-altar o Estructura 3 al sur, ambos construidos sobre una plataforma artificial al noreste del juego de pelota. En estas estructuras se han detectado algunos morteros que forman parte del aplanado que recubre a la estructura, además de algunos encontrados en lo que fue un recinto en el interior de dicha estructura.



Figura 27. Sistema de terraceo. Al fondo se observa parte del reliz. Foto: E. Cárdenas



Figura 28. Petrograbado ubicado en la Estructura 3. Centro ceremonial Zaragoza, Mich. Foto: A. Cuéllar

<sup>185</sup> Armando Nicolau, *Los petroglifos del Cerro de los Chichimecas. Elementos para la documentación y análisis arqueológico de un sistema de comunicación gráfica rupestre*, Cd. de México, COLMICH, CONACYT, 2002.



Figura 29. A la izquierda cancha de juego de pelota y a la derecha Estructura 2. Fotos: A. Cuéllar

En el extremo noroeste se encuentra la llamada “Mezquitera”, que consta de una estructura piramidal y algunos alineamientos que forman parte de diversas unidades habitacionales, sin embargo, este conjunto aún no ha sido excavado.<sup>186</sup>

### 2.3.4 El Cópore

Como ya se mencionó anteriormente, este sitio, aunque hidrográficamente forma parte de la cuenca Lerma-Santiago, culturalmente no pertenece a la vertiente del Lerma Medio. Debido a esto y al notable trabajo que presenta en su arquitectura de tierra se eligió para comparar con nuestros tres casos de estudio, por lo que se incluyó en este capítulo para de la misma manera describir aspectos culturales y medioambientales.

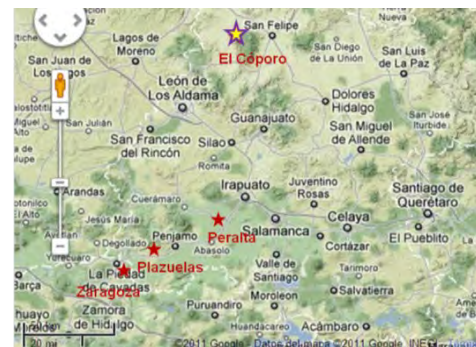


Figura 30. Ubicación de El Cópore, Gto. Fuente: imagen base tomada de Google Earth

Este sitio se encuentra al noroeste de Guanajuato, en el actual municipio de Ocampo, y como parte de la subprovincia denominada Los Llanos de Ojuelos, perteneciente a la provincia Mesa del Centro, donde la llanura se encuentra flanqueada por lomeríos y pequeñas sierras. En esta provincia predominan los climas semisecos y templados y la vegetación es característica de zonas semiáridas. Se han identificado cuatro tipos de vegetación: bosque de pino, bosque de encino, matorral Crasicaule y Pastizal Natural, aunque originalmente el sistema de topofomas sustentaba originalmente una vegetación de tipo mezquital.<sup>187</sup>

<sup>186</sup> La información proviene de la publicación realizada por la Arqueóloga Eugenia Fernández-Villanueva Medina y el Arqueólogo Efraín Cárdenas García, ambos investigadores del Colegio de Michoacán: Efraín Cárdenas, *Proyecto Cerro de los Chichimecas. Informe final 2002*. COLMICH, CONACYT, Gob. de Michoacán, INAH. Septiembre, 2002.

*Ídem*, *Cerro de los Chichimecas, Michoacán. Arquitectura*, Informe Complementario. Mecanuscrito, 2002.

Eugenia Fernández-Villanueva M, “Evidencias de una tradición...”, *op. cit.*, pp. 291-306.

<sup>187</sup> *Síntesis Geográfica de Guanajuato, op. cit.*

Los tipos de suelos que predominan en la subprovincia Llanos de Ojuelos son los Feozems háplicos asociados a Litosoles, a Planosoles mólicos y a Xerosoles háplicos.<sup>188</sup> Sus tierras pertenecen al cenozoide medio con sedimentos de lava y toba de composición variada. Predominan la andesita en la parte superior y tepetate en la inferior.

Los vestigios arqueológicos se concentran en diversos conjuntos. En la parte baja se encuentra el Conjunto Llano conformado por áreas públicas, domésticas y talleres. Sobre la ladera se encuentra el Conjunto Gotas, espacio cívico administrativo y el Conjunto Montes, zona residencial. En la cima del cerro está el Conjunto Cóporo que contiene una zona ceremonial y el Conjunto Caracol que al parecer es un área residencial con elementos defensivos como las albarradas. La ocupación del sitio va del 200-900 d.C.



Figura 31. Conjunto Gotas, El Cóporo. Foto: A. Cuéllar

A este sitio se le ha relacionado con la región del Tunal Grande en San Luis Potosí, pero con fuertes vínculos con los asentamientos prehispánicos de Zacatecas, Jalisco y el Bajío guanajuatense, aunque aún está por definirse su caracterización cultural. Por otra parte, Nicolau menciona que inicialmente los habitantes de la región tenían una relación con las culturas del Norte Mesoamericano, la de Chalchihuites y las del Centro, posiblemente Teotihuacán o Tula.<sup>189</sup> Estas referencias serán importantes para nuestro estudio.

Entre los elementos arquitectónicos destacan algunas plataformas, estructuras piramidales, algunos altares, terrazas, restos de unidades habitacionales, juego de pelota, entre otros, todo muestra de una importante adaptación al entorno. Es importante señalar que en varias piedras que forman las escalinatas de diversas estructuras se encuentran tallados diversos motivos entre los que destacan las espirales.



Figura 32. Imagen de petrograbado. Foto: A. Cuéllar

Los materiales constructivos que se empleaban son piedra careada para

<sup>188</sup> *Ibidem*

<sup>189</sup> Armando Nicolau Romero, *La conservación de la arquitectura de tierra: estudio de caso en el sitio arqueológico El Cóporo*, Tesis de Maestría en Restauración de Sitios y Monumentos, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, 2008, p. 19.

la cimentación, muros de adobe y bajareque y barro para las techumbres, así como bloques de cantera para las escalinatas.<sup>190</sup>

### 2.3.5. Conclusiones

Todos estos elementos naturales y culturales son importantes en este trabajo debido a que no sólo ubicaron o contextualizaron la región y los sitios que en ella se encuentran, sino que permitieron contrastar la información con elementos detectados en el estudio específico de los morteros. Es decir, fue una guía para la búsqueda de información en cada mortero analizado.

La descripción de los sitios se hizo de manera general para entender la heterogeneidad de la que hemos venido hablando, pero también tratando de identificar algunos sistemas constructivos descritos por cada investigador que ha estado a cargo de cada proyecto. A continuación se muestra un cuadro comparativo y sintético que muestra sus rasgos principales pero sobre todo resaltando los sistemas constructivos reportados:

	Peralta	Plazuelas	Zaragoza	Cóporo
Elementos arquitectónicos				
Juego de Pelota	X	√	√	X
Estructura circular	√	√	X	X
Patio hundido	√	X	X	X
Petrograbados	X	√	√	√
Sistemas constructivos				
Núcleo: -Capa inferior de piedra brasa sin cementante -Capa media de piedra pequeña -Capa superior de tierra para sellar	√	√	√	Piedras unidas con lodo. Columnas de mampostería en cimentación para columnas que sostienen la cubierta.
Muros de contención del núcleo	√ (sin mortero)	√ (con mortero)	√ (sin mortero)	√ ?
Uso de lajas	En remates	Como parte de tablero	En remates y posiblemente formando parte de	X

<sup>190</sup> Toda la información se obtuvo de la publicación realizada por Arqueólogo Carlos Torreblanca, investigador del Centro INAH Guanajuato y coordinador del Proyecto Arqueológico el Cóporo desde 2005: Carlos Torreblanca, “El Cóporo, Ocampo. La arqueología del Tunal Grande”, en: *Zonas Arqueológicas de Guanajuato. Cuatro Casos: Plazuelas, Cañada de la Virgen, Peralta y El Cóporo*, México, La Rana, Gobierno del Estado de Guanajuato, 2007, pp. 253-305.

			tablero (sin evidencias concluyentes)	
Paramentos con mampostería de piedra careada unidos con mortero	√	√	√	√
Paramentos con mampostería de adobe	√	√	?	√
Bajareque	√	√	√	√
Aplanados	√	√	√	√
Pisos de tierra	√	√	√	√

Cuadro 1. Tabla comparativa de los sitios de estudio

Ya con este panorama general de la Vertiente del Lerma Medio y como parte importante de la metodología, en el siguiente capítulo se aborda otro de los aspectos fundamentales en la metodología de este trabajo, es decir, lo referente a los análisis que se hicieron directamente a los morteros elegidos en cada uno de los centros ceremoniales de los sitios descritos en este capítulo.

La información proporcionada en este capítulo permitió, como ya se señaló, orientar el trabajo que se describirá en el siguiente capítulo, desde la selección de los morteros o unidades de análisis, hasta la identificación y entendimiento de los datos detectados mediante técnicas analíticas.



## CAPÍTULO 3

### OBTENCIÓN DE MUESTRAS, TÉCNICAS Y RESULTADOS

En este capítulo se habla de toda la parte de análisis arqueométricos que se realizaron a las diferentes muestras recolectadas de cada sitio, estudios fundamentales para responder nuestra pregunta inicial. Primero hablaremos sobre la importancia del uso de dichas técnicas en el estudio de arquitectura, en este caso prehispánica, para luego describir todo el proceso de experimentación, desde la selección de muestras, hasta los resultados obtenidos.

#### 3.1 Las técnicas de laboratorio aplicadas al estudio de arquitectura prehispánica

La aplicación de técnicas de las ciencias duras al estudio de las ciencias sociales es un gran apoyo cuando se requiere ver más allá de lo que los ojos a simple vista pueden percibir. Sobre todo es imprescindible para entender aspectos de los que solo nos quedan ciertos restos materiales que deben hablar por sí mismos. Esto no implica que la simple observación no sea confiable, pero puede haber un fortalecimiento si se unen con un fin determinado, como en este caso, donde la información podrá ser utilizada en un futuro para entender procesos de degradación y técnicas de conservación de ciertos materiales, lo cual requiere un conocimiento más profundo de cada material y su comportamiento.

Este capítulo está dirigido a la parte técnica del trabajo, donde se explicarán cada uno de los procedimientos que se realizaron en el estudio de los morteros para poder cumplir con los objetivos de esta tesis. Primeramente se hablará sobre la obtención de las muestras y el contexto del que provienen.

#### 3.2 Selección de muestras y su contexto

Parte importante en la metodología de este trabajo fue la selección de las muestras, pues debían cumplir con ciertos aspectos para poder responder a los objetivos del mismo, es decir, una función precisa o un acercamiento de acuerdo a la lectura del contexto arqueológico. Primordialmente se eligieron aquellas muestras que estaban contextualizadas, es decir, con un mayor control de su ubicación durante los procesos de excavación que nos garantizara su procedencia (sobre todo aquellas *in situ*) y sobre todo su función. En algunos casos no se tenía la certeza total de su función, pero por su forma, ubicación o posición, se podía entender e inferir. Esto último refiriéndonos principalmente a los fragmentos de terrados de cubiertas, pues como se sabe, es el elemento arquitectónico que primeramente se pierde y que más difícilmente puede localizarse *in situ*. De aquí la importancia de un buen registro durante las excavaciones, pues esto nos permite hacer una lectura correcta del contexto

arqueológico y, mediante los procesos de deposición de dicho contexto, se puede inferir dónde estaban ubicados dichos elementos originalmente.

Se obtuvieron un total de 95 muestras entre los cuatro sitios que incluyen pisos, aplanados, bajareque y morteros que no se tenía certeza de su función, todos pertenecientes a estructuras diversas de centro ceremonial. Esto debido a que la mayoría de las excavaciones se han centrado principalmente en estos espacios arquitectónicos y, por lo tanto, se tiene más cantidad de muestras y fue más fácil conseguir ejemplares comparables, además de que su conservación es más factible en estos espacios construidos a base de piedra. De esta manera, todas las muestras examinadas en este trabajo, el cual pretende continuar a futuro con más muestras, análisis y con otro tipo de contextos, provienen de los centros ceremoniales de cada sitio.

Primero se hizo la revisión de las muestras para seleccionar aquellas cuya función y contexto fuera similar y, por lo tanto, comparable, lamentablemente no en todos los sitios se consiguieron el total de las muestras, lo cual no implica que no hayan existido. Como ya se mencionó, se seleccionaron muestras que empataban inicialmente de la siguiente manera:

- Aplanados
- Bajareque
- Pisos
- Morteros de unión (piedra con piedra en la mampostería).
- Sin identificar

Durante la selección, en algunos casos también se tomó en cuenta el tamaño o cantidad de la muestra para efectuar análisis que requerían destruir parte de ellas, por lo que debían tener un tamaño mínimo de 30 gramos para extraer fragmentos para los diversos análisis, además de que evidentemente no fueran piezas únicas. De estas últimas se tomaron algunas relevantes para el estudio pero no se destruyeron, únicamente se analizaron al microscopio estereoscópico principalmente para observar su morfología y las improntas que dejaron los elementos vegetales que contenían los morteros o se les hizo algún tipo de estudio no destructivo.

Por otra parte se recolectaron algunas muestras de suelo sano provenientes de las inmediaciones de cada sitio. Los morteros, de manera general, por su color se pueden dividir en dos tipos: los de un color blancuzco o café claro y los de color café o grisáceo. Debido a esto se buscaron yacimientos que tuvieran características similares a los morteros de los sitios de acuerdo a color, por lo que de cada sitio se obtuvieron dos muestras (una blancuzca y otra oscura) que también serían

sometidas a los diversos análisis para comparar con los morteros. A lo largo de este trabajo se hablará de “suelos sanos”, haciendo referencia a los suelos recuperados en las cercanías de los sitios, que por supuesto se encuentran en estado natural y, de “morteros” para referirnos a las muestras de mortero que fueron elaborados en época prehispánica.

### 3.3 Tipología

#### 3.3.1 Criterios de clasificación

Por supuesto el criterio más importante para la clasificación fue la función que desempeñaba cada mortero dentro de los elementos arquitectónicos para lo que no sólo fue necesario atender a la morfología sino también a diversos factores que ayudaron en su definición. De todas las muestras obtenidas en cada uno de los sitios se tenía una clasificación preliminar, mencionada en el apartado anterior, y que se basó primeramente en la procedencia<sup>191</sup> o contexto de los morteros. Aunado a esto se hizo un recorrido en los sitios para observar los morteros que aún se tienen *in situ* y compararlos con las almacenadas de temporadas de excavación anteriores. De estos recorridos se pudo definir otro tipo de morteros que se incluyeron en la clasificación final. También fueron fundamentales los informes que nos facilitaron los arqueólogos encargados de cada proyecto.

Con todo esto y con el apoyo de un catálogo de los morteros en el cual se observaron datos como el color de acuerdo a la Tabla Munsell, la textura, la descripción de la forma, del acabado, de las improntas (forma, tamaño o diámetro, porcentaje aproximado), así como una descripción general de cada mortero, nos permitió hacer grupos y subgrupos de morteros que terminaron en una clasificación parcial que sirvió para los estudios que se realizaron posteriormente. Menciono parcial debido a que se detectaron algunos morteros que no encajan en ninguno de estos grupos y que no se tienen datos suficientes hasta el momento para definir su función, por lo que se trataron de forma separada para ver si los análisis que se les aplicaría nos permitían incluirlos en la clasificación que se obtuvo o definir nuevos grupos.

En el grupo de los **aplanados** se encontró que había los que se usaban en el exterior de basamentos o estructuras y los que se ubicaban en el interior de habitaciones o recintos por lo que este criterio sirvió para definirlos como subgrupos dentro de los aplanados.

Como ya se señaló también, en algunos casos no se contenían muestras *in situ* para comparar con morteros, como por ejemplo el **bajareque**, por lo que la identificación se hizo a partir de las improntas que contenían los morteros y gracias a la lectura del contexto o ubicación en que se

---

<sup>191</sup> En este caso fue básica la etiqueta de registro de las excavaciones que contenía cada muestra.

encontraron las muestras. Esto indudablemente con apoyo también en la literatura ya existente de este tipo de morteros con esta morfología, pero gracias al contexto, se definió que no se trataba de bajareque de muro, sino de terrados. Aquí debemos señalar que se siguió utilizando el término de bajareque debido a su morfología, lo cual contrastando con otra información se podrá precisar en casos nuevos si se trata de un muro o de un terrado. En este caso, no tenemos evidencias claras de muros de bajareque en las muestras recolectadas, por lo tanto no se incluirá en la clasificación realizada y solamente se señalarán los bajareques de terrado.

Para los **morteros de unión**, denominados así debido a que sirven para unir piedra con piedra en el trabajo de mampostería, se obtuvieron pocas muestras de las que se tenía la certeza de que específicamente tuvieran dicha función, sin embargo, esta última se define claramente para establecer un grupo.

En el caso de los **pisos** se utilizaron muestras contextualizadas obtenidas *in situ* tanto de las excavaciones como de algunos muestreos que se hicieron para este trabajo.

Se definió otro grupo denominado “**morteros de nivelación**” debido a que se encontraron *in situ* algunas evidencias que nos permitió entender su uso, es decir, se trataba de morteros colocados entre la piedra de la mampostería y el aplanado, y que evidentemente mostraba otras características distintas a los aplanados. Inicialmente no sabíamos si era una preparación para colocar el aplanado o una forma de ligarlo a la mampostería, pues se detectaron varias muestras de aplanado con restos de este mortero en su parte posterior, pero mediante dichas muestras *in situ* encontramos que se trataba de un mortero que ayudaba a nivelar aquellos espacios en que la mampostería era irregular. De esta manera, se colocaba dicho mortero para emparejar la mampostería, darle la forma necesaria y colocar posteriormente el aplanado final. Si fuera un mortero para ligar el aplanado a la mampostería sería una capa continua en todo el paramento, sin embargo sólo se encuentra para nivelar o emparejar las irregularidades de la mampostería. Esto se detectó *in situ* en etapas tempranas de Plazuelas, además de espacios como por ejemplo la Estructura 6 de Zaragoza, donde la mampostería de la habitación era irregular y la presencia de aplanados con restos de un mortero similar a los de Plazuelas podría explicarse de esta manera.

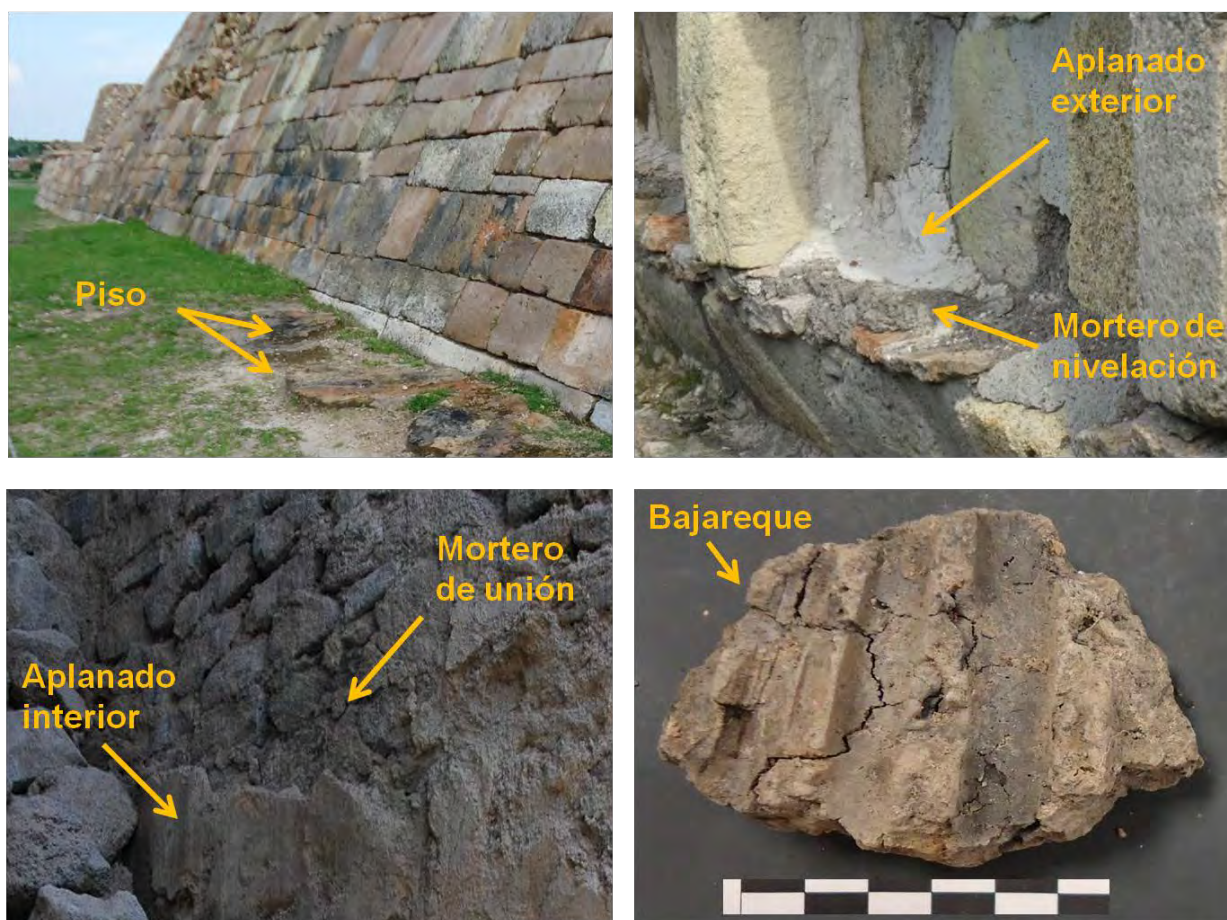


Figura 33. En las imágenes se observan los tipos de morteros que se seleccionaron según su función. Ejemplos *in situ*, a excepción del bajareque. Imágenes superiores: Plazuelas, Gto. Imágenes inferiores: Peralta, Gto. Foto inferior izquierda: E. Cárdenas. Fotos restantes: A. Cuéllar.

### 3.3.2 Diagrama tipológico

A continuación se muestra la clasificación o tipología que se obtuvo y que puede ser útil para trabajos posteriores. Se añadieron en la lista los morteros de unión para adobes, que si bien no se detectaron en los acervos arqueológicos revisados, tenemos evidencias fotográficas de su existencia en algunos informes. Evidentemente esta clasificación es factible de ser corregida y enriquecida con nuevos estudios,<sup>192</sup> pero ya de por sí es uno de los resultados importantes que se obtuvieron:

<sup>192</sup> Otro tipo de morteros que probablemente podrán añadirse a esta lista son los morteros de bajareque de muro. No se agregaron a esta clasificación debido a que no tenemos certeza de su existencia.

			Peralta	Plazuelas	Zaragoza
Pisos					
Aplanados	Exteriores				
	Interiores				
Bajareque	Terrado	Con huellas de varas delgadas			
		Con impronta de varas de 1 a 2cm de diámetro			
		Con impronta de varas de 1 a 2cm de diámetro y de tejido (petate)			
		Con impronta de morillo de aprox 10 cm de diámetro y vara de aprox 1 cm de diámetro			
		Con huella de morillo de aprox 10cm diámetro			
		Con impronta de tejido (petate)			
Morteros de nivelación					
Morteros de unión	Para piedra				
	Para adobe	No se tienen evidencias en este estudio			

Figura 34. Tabla de clasificación o tipología de morteros detectados en la región. Debe quedar claro que en algunos casos no se encontraron muestras para todos los sitios de estudio, pero no implica que no hayan existido.

### **3.4 Técnicas de experimentación**

Las técnicas que se seleccionaron en esta ocasión para el estudio de los morteros prehispánicos fueron la microscopía estereoscópica, la difracción de rayos X (DRX), la fluorescencia de rayos X (FRX), la técnica de haces de iones PIXE y el análisis térmico. Estas técnicas son esenciales en la determinación de las fases mineralógicas y en el análisis elemental de las muestras, lo cual primeramente ayudó a identificar uso de materiales locales o foráneos y posteriormente a identificar o caracterizar el tipo de materiales que se están utilizando en la manufactura de los morteros. En el caso de la microscopía se realizó con el fin de identificar características entre los morteros según su uso.

Tanto el contexto como los estudios analíticos nos permitieron inferir el por qué del uso de ciertos materiales según el uso constructivo al que fueron destinados. Se efectuó otro estudio que se aplicó únicamente a los suelos sanos para su clasificación y para identificar sus propiedades (límites de Atterberg y granulometría), además por supuesto de aplicárseles las mismas técnicas que a los morteros prehispánicos.

Indudablemente existen otras técnicas que nos darían información que enriquecería enormemente el estudio aquí efectuado, sin embargo, por cuestiones de tiempo para concluir con este trabajo, se seleccionaron las principales y el resto se dejó para una segunda fase de trabajo.

#### **3.4.1 Límites de Atterberg y granulometría**

Estas técnicas se utilizan para clasificar el suelo, porcentajes en la granulometría, los niveles de humedad y los límites plástico y líquido de cada una de las muestras de suelo sano seleccionadas.

También se utilizó el método SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, método internacionalmente aceptado para clasificar los suelos en función de su estabilidad volumétrica. Los suelos son partículas minerales que pasan la malla número 200 ASTM (American Society for Testing Materials) que equivale a tener 200 x 200 perforaciones por pulgada cuadrada, es decir 40000 aberturas por pulgada cuadrada.

Este estudio no se hizo a morteros debido a la cantidad de muestra que se requiere para estos análisis y que evidentemente no se tenía. Se utilizaron aproximadamente 500gr de cada suelo y los análisis se replicaron para verificar resultados. La tierra recién extraída se colocó en una bolsa de plástico sellada para medir la humedad natural del suelo. Las muestras fueron las siguientes:

- 1) PES35. Tierra oscura de Peralta (La Cabaña)
- 2) PESB34. Tierra clara de Peralta (Las Torres)
- 3) PLSC39. Tierra oscura de Plazuelas (El Sauz)
- 4) PLSB38. Tierra clara de Plazuelas (La Playita)

- 5) ZASC37. Tierra oscura de Zaragoza (La Zapota)
- 6) ZASB36. Tierra clara de Zaragoza (Residencial Cumbres)
- 7) COSC40. Tierra oscura (Conjunto Montes-parte baja)
- 8) COSB41. Tierra clara (Conjunto Montes-arroyo)

### 3.4.1.1 Determinación de límites de consistencia y contracción lineal

Estas pruebas tienen como objetivo conocer las características de plasticidad de la muestra de suelo que pasa la malla núm. 0.425 (No. 40) principalmente para conocer el tipo o clasificación de los suelos<sup>193</sup>. El estado plástico se refiere a aquél en el que la materia se puede moldear con agua. Existe un rango de humedades para las cuales el suelo se comporta plásticamente y estados intermedios como semisólido o semilíquido dependiendo del contenido de agua.

Las fronteras entre los estados de consistencia fueron establecidas por Atterberg bajo el nombre general de límites de consistencia:<sup>194</sup>

LL Límite líquido: frontera superior entre el estado plástico y el semilíquido.

LP Límite plástico: frontera inferior entre el estado plástico y el semisólido

LC Límite de contracción: frontera entre los estados semisólido y sólido.

Definiciones:

Índice plástico (IP): diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico.

Contracción Lineal: es la reducción de volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones y expresada como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde la correspondiente al límite líquido o hasta la del límite de contracción.

En el caso de la contracción volumétrica se usa el mercurio para poder realizar las fórmulas correspondientes.

$$CV = \text{Contenido humedad} - [(\text{Volumen inicial} - \text{volumen final})/\text{peso seco}]100$$

En la contracción lineal se mide la barra antes y después de secarse la muestra y se hace la fórmula correspondiente.

$$CL = [(\text{Longitud inicial} - \text{longitud final})/\text{longitud inicial}]100$$

<sup>193</sup> *Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos*. UMSNH. 123p, p. 42.

<sup>194</sup> *Ibidem*



Figura 35. Imágenes del proceso para establecer límites de Atterberg. Fotos: A. Cuéllar

### 3.4.1.2 Humedad natural

Con esta prueba se pretende obtener la humedad natural que posee el suelo. Para lograr esto se utiliza la muestra sellada en una bolsa de plástico.

El procedimiento es sencillo y consistió en pesar 200 mg de suelo de cada muestra recién extraída de la bolsa con el fin de que dicho peso correspondiera a su peso en húmedo. Posteriormente se introdujeron al horno por 24 horas a  $100^{\circ} \text{C} \pm 10$ . Después de dicho tiempo se pesaron, lo cual indica su peso en seco.

### 3.4.1.3 Granulometría

Esta prueba consistió en separar por tamaños las partículas del suelo. Para esto, las muestras previamente secadas se hicieron pasar por una sucesión de mallas con aberturas de diferentes tamaños, permitiendo que cada una retenga un tipo de partículas. Finalmente se pesó el contenido retenido en cada malla y se transformó a porcentajes para establecer las proporciones de cada tamaño.<sup>195</sup>



Figura 36. Proceso para establecer la granulometría de los suelos. Fotos: A. Cuéllar

<sup>195</sup> *Ibidem*

Los resultados generales fueron los siguientes:

	Granulometría			Límites de plasticidad y humedad natural %					Clasificación SUCS. (tipo de suelo)
	Grava %	Arena %	Finos %	Límite líquido (LL)	Límite plástico (LP)	Índice plástico (Ip)	Contracción lineal	Contracción volumétrica	
<b>PESB34</b>	0	49	51	46	27.95	18.05	7.99	27.78	OL-posible arcilla limosa de baja plasticidad, por el color y porque se pudo realizar el límite de plasticidad
<b>PESC35</b>	0	18	82	70.74	40.88	29.86	17.88	25.68	CH, arcilla inorgánica de media o alta plasticidad. Esto se comprueba por la gran contracción lineal y volumétrica característica de las arcillas.
<b>PLSC39</b>	0	15	85	36.95	29.15	7.80	3.09	23.95	ML-limo orgánico. Presenta materia orgánica debido a que se pudo realizar la prueba de límite plástico. También se comprueba con la contracción lineal, ya que no contrajo mucho, es decir, el contenido orgánico fue el que permitió la contracción.
<b>PLSB38</b>	0	15	85	/	/	/	1.30	/	ML- polvo de roca o arena limosa
<b>ZASC37</b>	0	6	94	64	31.93	32.07	17.21	28.16	CH-arcilla inorgánica de alta plasticidad
<b>ZASB36</b>	0	56	44	/	/	/	1.60	/	ML- polvo de roca o arena limosa
<b>COSC40</b>	0	43	57	24.08	12.05	12.03	3.41	17.12	ML-Limos orgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos
<b>COSB41</b>	0	31	69	28.65	22.28	6.37	2.11	16.73	ML-Limos orgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos

Cuadro 2. Tabla sintética de los resultados obtenidos mediante los Límites de Atterberg y granulometría.

### 3.4.2 Microscopía estereoscópica

El equipo utilizado pertenece al Instituto de Física de la UNAM y permitió observar cada una de las muestras de morteros para detectar ciertas diferencias y semejanzas en cada una de las funciones de los morteros. Por supuesto también fue útil como registro y como apoyo para la selección de muestras para los análisis siguientes.

A través del microscopio se observaron algunas características generales en los diferentes tipos de morteros como porosidad, forma y cantidad de improntas de vegetales, grietas, textura.

**Pisos:** tenían una textura arenosa, con una gran cantidad de gránulos en color rojo, negro, anaranjado y blanco o translúcido. La base es color beige o café claro, pero también con textura granulosa. En el

caso del piso proveniente de El Cóporo se observaron también una gran cantidad de gránulos, pero en una base más compacta. Se observan algunas improntas de fibras vegetales y poros pequeños en una distribución relativamente regular.

**Aplanados:** presentan mayor cantidad de improntas de fibras vegetales similares al pasto o paja. Se observan, en la mayoría de los casos, improntas alargadas con una textura rayada y, en menor medida, improntas muy similares a éstas últimas descritas o bien de forma tubular o cónica pero con textura lisa. Mayormente se observa una base compacta y en otros se ve una textura granulosa. Sólo en algunos ejemplares se identificó un aplanado y una capa final más fina y en pocos casos contenían restos de pintura. Presentan algunos poros. Los colores van del blancuzco al café claro.

**Bajareque:** tienen un color café oscuro y en muy pocas ocasiones se observaron en color beige. Contienen huellas de restos vegetales similares al pasto y algunos finos tubulares. También se ven huellas de varas, con textura rayada o lisa, que formarían un diámetro de aproximadamente 1 a 2cm de grosor, motivo por el que se clasificaron dentro de la técnica denominada bajareque. En otros casos las huellas o improntas vegetales alcanzarían un diámetro aproximado de 10cm.<sup>196</sup> Solo en pocos casos se observaron fragmentos con huella de varas muy delgadas de alrededor de 2 mm de diámetro.

**Morteros de nivelación:** En general son grisáceos y presentan una gran cantidad de improntas de vegetales similares a las descritas a los aplanados, aunque se observó que la cantidad puede ser variable. Contienen gránulos de color gris, negro y café o grisáceos, así como algunos blancos. En algunos casos presenta una textura más bien arenosa y en otras compacta.

**Morteros de unión:** Los morteros para unir mampuestos contienen pocas improntas de vegetales similares a la paja o pasto, aunque también puede ser variable. Se observa una textura arenosa sobre una base compacta. También es común ver diversas grietas.

De esta primera observación se seleccionaron 60 morteros que podían ofrecer más información y que estuvieran mejor contextualizados, es decir, que se tuviera más certeza de su uso y ubicación en el contexto arqueológico.

---

<sup>196</sup> Aquí es importante señalar que, como hemos apuntado anteriormente, el bajareque es una técnica establecida con características específicas como el uso de varas, las cuales dejan las improntas que hemos mencionado en la descripción, sin embargo, es común que durante el registro de los morteros detectados durante las excavaciones, se denomine a todo mortero como bajareque, lo cual no sólo podría ser un error, sino también una forma de confundir o malinterpretar el material, pues se usa indistintamente a restos que sí formaban parte de la técnica del bajareque y a restos de morteros con otra función.

### 3.4.3 Difracción de rayos X (DRX)

Esta técnica de caracterización permite conocer las fases mineralógicas de acuerdo a su estructura cristalina presentes en cada muestra analizada. Se efectuó a 60 muestras provenientes de los diferentes sitios, tanto de suelos sanos como de morteros seleccionadas a partir de la observación en microscopio. El equipo utilizado fue un Difractómetro Inel-Equinox 100 perteneciente al Instituto de Física de la UNAM. Sólo 12 muestras fueron analizadas en el equipo del Instituto Potosino de Investigación, Ciencia y Tecnología (IPICYT), aunque los resultados fueron bastante importantes.



Figura 37. Equipo de difracción utilizado (UNAM). Foto: A. Cuéllar

El procedimiento inició con la preparación de las muestras, labor que consiste en moler finamente un fragmento de cada una con un mortero de ágata. El polvo se coloca en una pastilla y con ayuda de un portaobjetos se alisa la superficie a fin de que quede una capa fina completamente plana. Posteriormente la pastilla se coloca en la base al interior del equipo para comenzar su análisis. La base se puso con una inclinación de  $6^\circ$  misma que depende de la calibración del equipo. Cada muestra se analizó en un periodo de tiempo que va de los 15 a los 40 minutos, dependiendo del espectro que se iba obteniendo. Las muestras más cristalinas se dejaron únicamente 15 minutos y las más amorfas requirieron más tiempo dependiendo del espectro obtenido.



Figura 38. Preparación y colocación de muestras en difractor. Fotos: A. Cuéllar

Para la identificación fue fundamental la información descrita en el capítulo 2, lo cual permitió conocer el tipo de materiales que se presentaban en la zona y los minerales que están asociados a los mismos. Entre las fases mineralógicas predominaron los cuarzos, los feldespatos como la albita, la anortita, la microclina, ortoclasa, la tridimita y, en menor medida, la labradorita, la cristobalita, la gismondina, y solo en algunos casos la anortoclasa, calcita, leucita, sanidina, bitonita, muscovita, mica, olivina y bavenite. En cada muestra se detectaron alrededor de dos o tres fases.

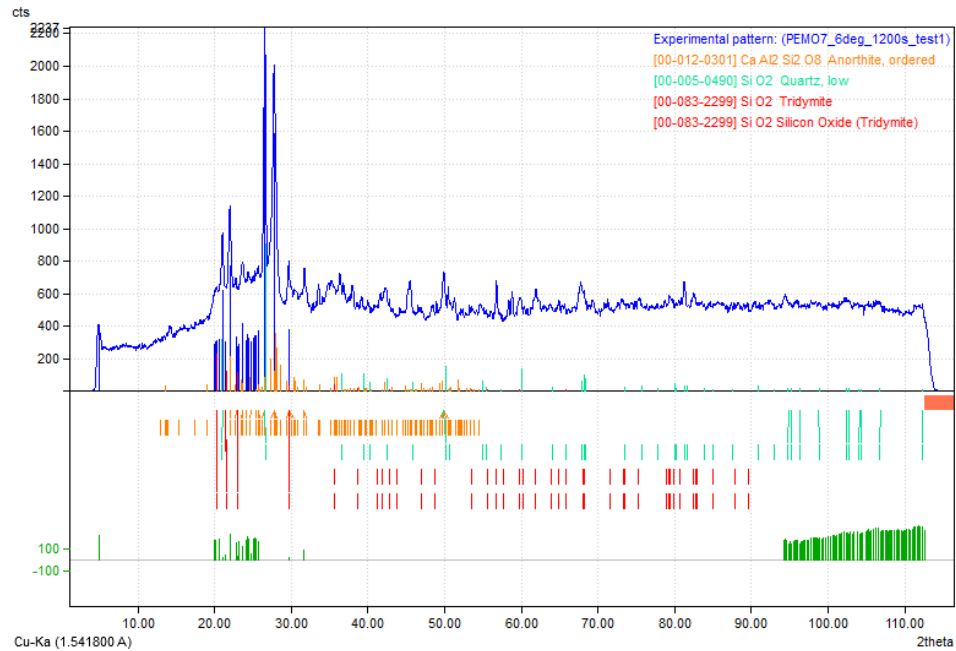


Figura 39. Difractograma de un aplanado del sitio de Peralta

En este trabajo la clasificación de los difractogramas fue fundamental, puesto que da un panorama general de los materiales. La indexación o identificación de fases mineralógicas posteriormente permitió su corroboración y definir si había el uso de materiales locales. Los difractogramas se clasificaron y se identificaron 7 grupos a partir de la presencia de ciertos picos correspondientes a fases mineralógicas. En cada grupo se dividieron, además, las muestras cristalinas y las amorfas para estudios posteriores. Esta división nos permitió ver semejanzas y diferencias en cuanto a los morteros, además de seleccionar muestras para realizar otros estudios más específicos. En principio ayudó a definir la similitud en el uso de materiales y su procedencia local. Un ejemplo representativo de cada grupo se muestra en las siguientes imágenes:

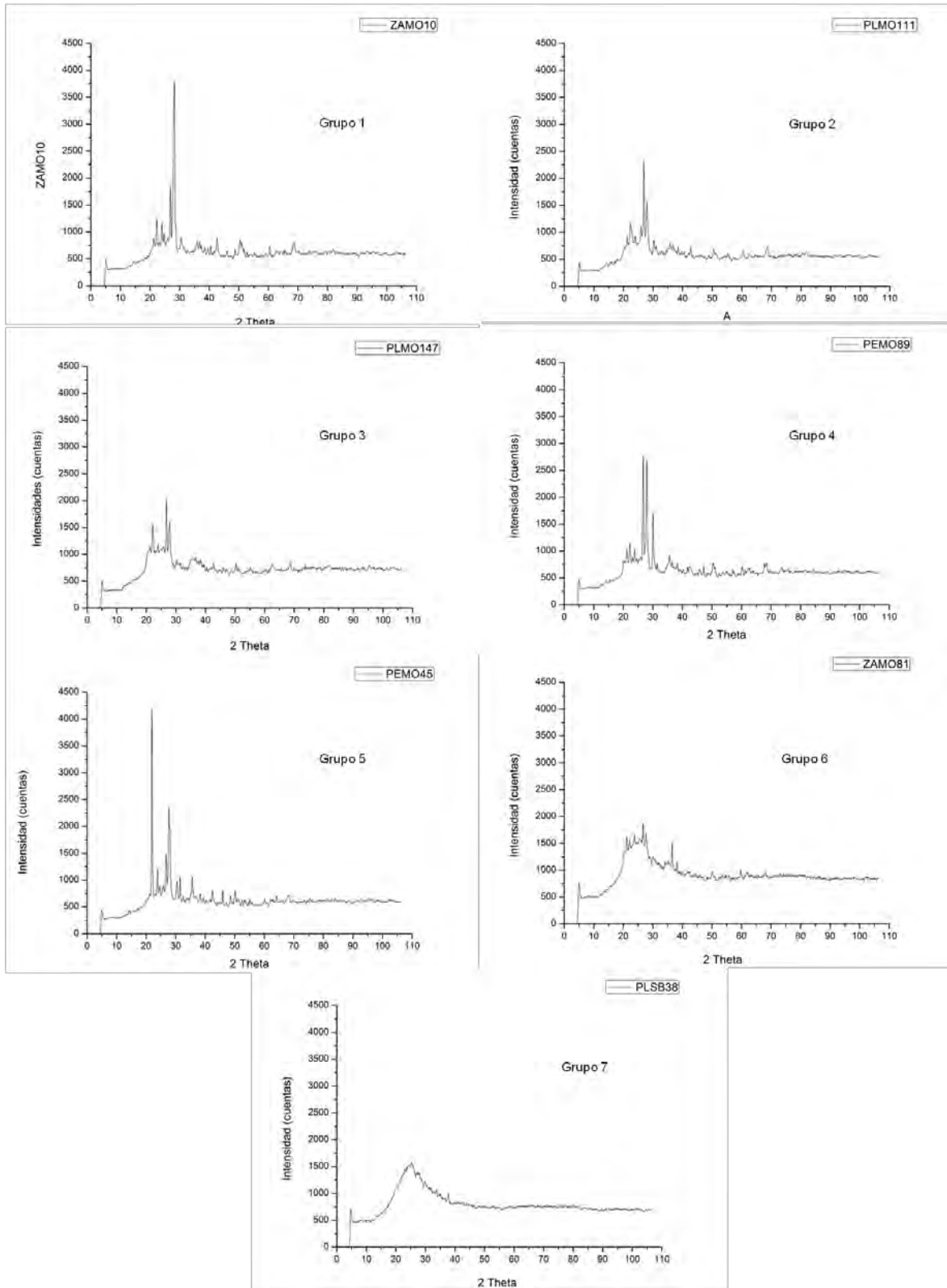


Figura 40. Ejemplos de difractogramas típicos de cada grupo definido de acuerdo a la presencia de picos correspondientes a ciertas fases mineralógicas y su proporción –por intensidad de los picos-. Estos grupos ayudaron a definir similitudes.

Mediante estos difractoramas se observó la presencia de fases mineralógicas muy similares que en muchos casos varían únicamente por la intensidad de los picos. En el grupo 1 se colocaron 17 muestras, de las que predominan pisos y bajareque. En el grupo 2 se asignaron 25 muestras, en las que en su mayoría se encuentran aplanados, pisos y los suelos sanos de El Cópore y Peralta. En el grupo 3 se encuentran 8 muestras, de las cuales se tienen principalmente morteros de unión y aplanados. En el grupo 4 hay 4 muestras, tres de aplanado y un mortero indefinido. En el grupo 5 hay solo dos muestras, una de piso y otra de bajareque. En el grupo 6 hay 4 muestras, 3 de las cuales son de piso. En el grupo 7 sólo hay una muestra y corresponde a un suelo sano de Plazuelas.

Con esta división se detectaron similitudes y diferencias en los morteros, además de orientar la selección de muestras para los siguientes análisis. En las gráficas siguientes se muestra un comparativo de los espectros por sitio según su uso constructivo donde se ven similitudes por función, pero también hay similitudes en el conjunto total de difractogramas.

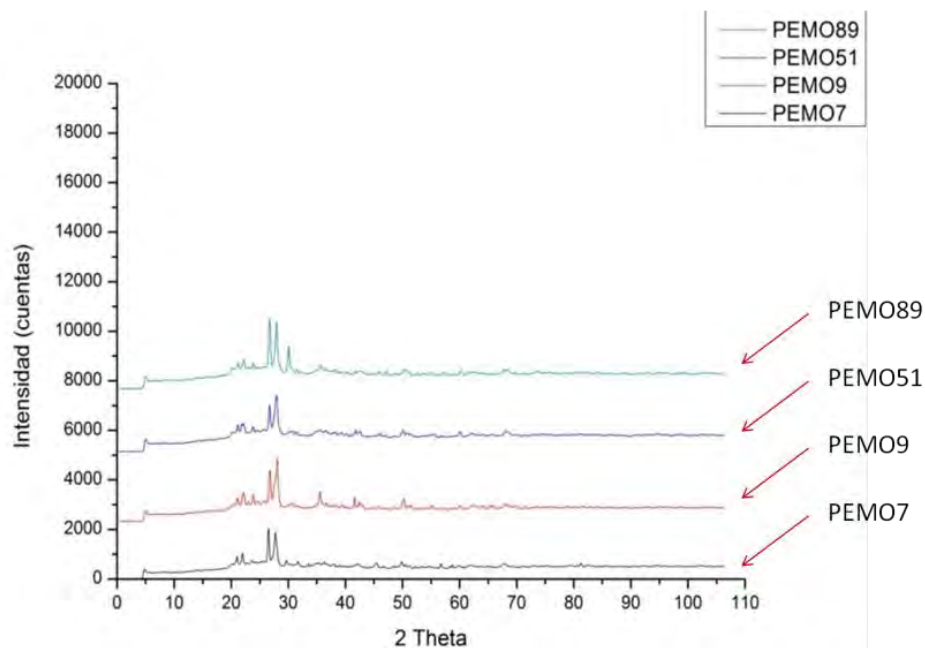


Figura 41. Gráfico comparativo de los espectros de aplanados del sitio de Peralta

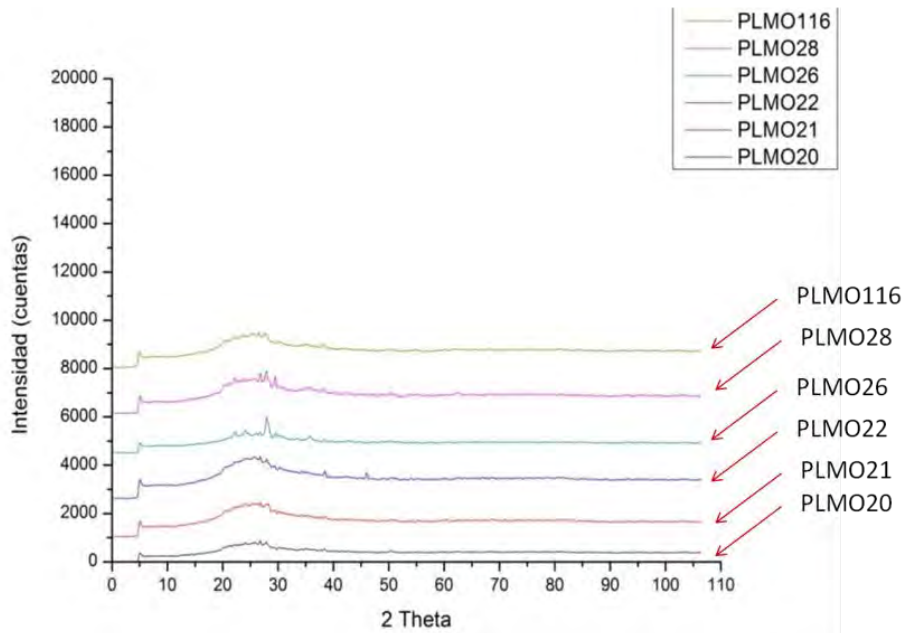


Figura 42. Gráfico comparativo de los espectros de aplanados del sitio de Plazuelas

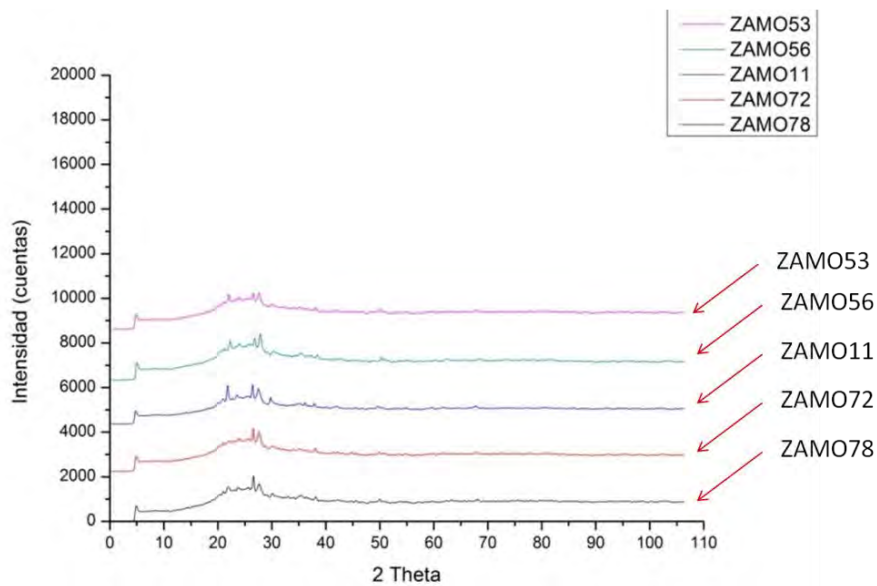


Figura 43. Gráfico comparativo de los espectros de aplanados del sitio de Zaragoza

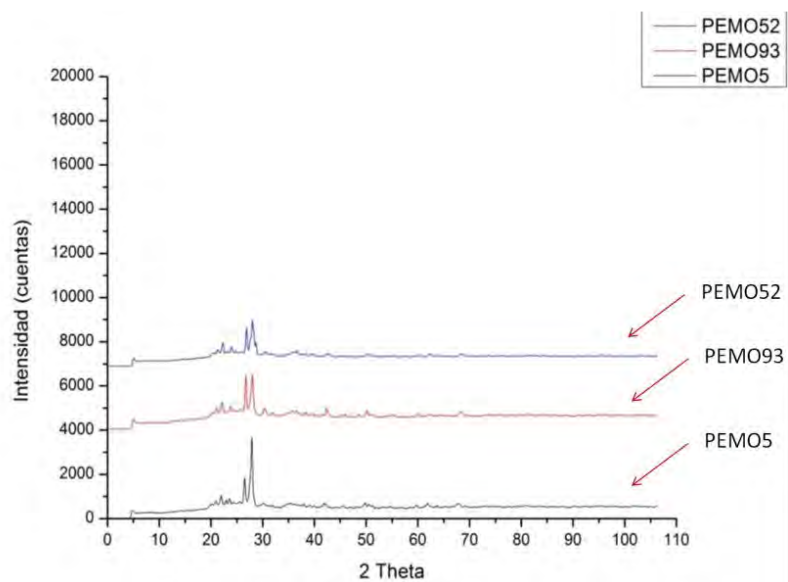


Figura 44. Gráfico comparativo de los espectros de pisos del sitio de Peralta

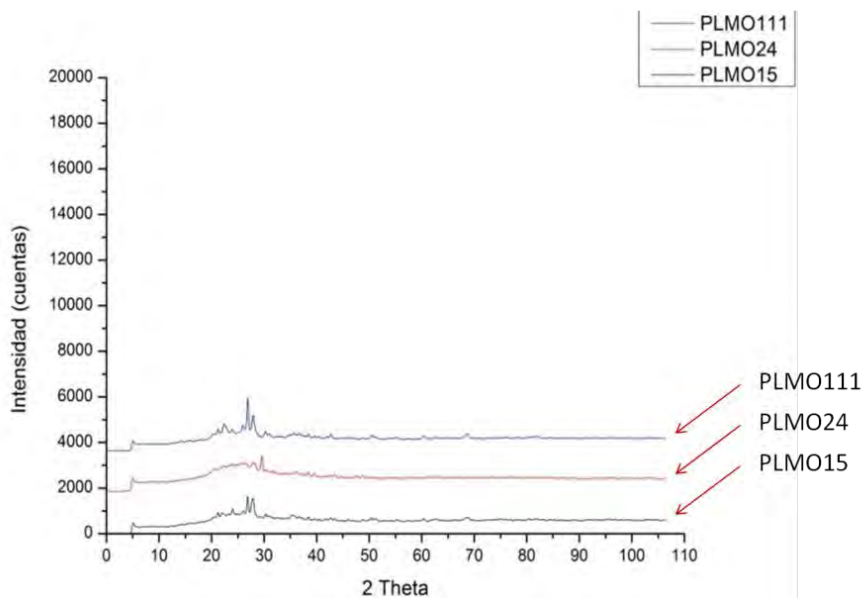


Figura 45. Gráfico comparativo de los espectros de pisos del sitio de Plazuelas

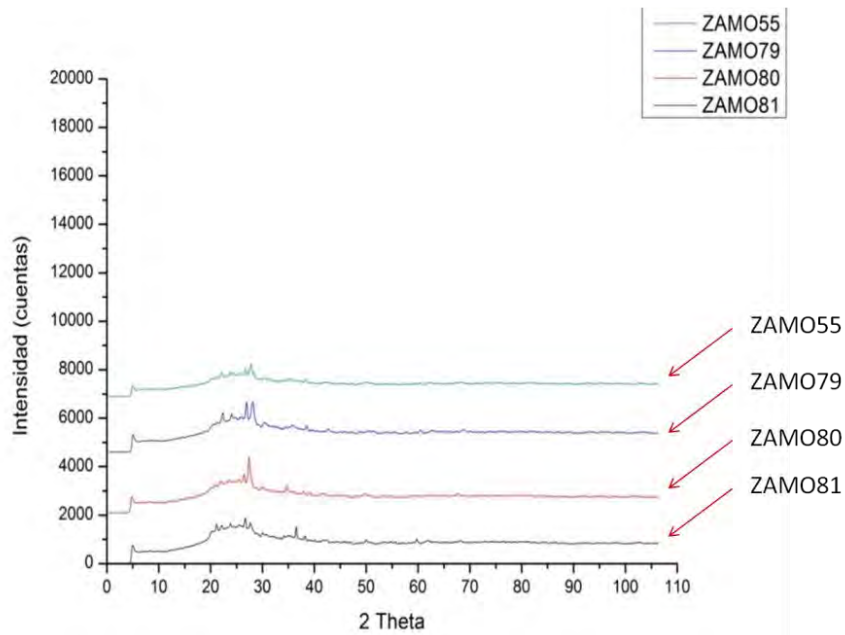


Figura 46. Gráfico comparativo de los espectros de pisos del sitio de Zaragoza

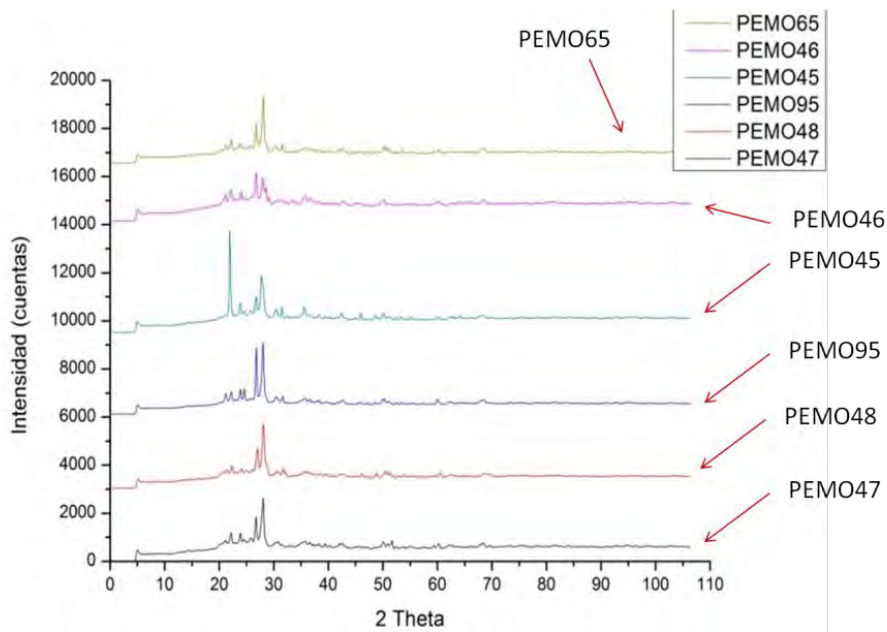


Figura 47. Gráfico comparativo de los espectros de bajareque del sitio de Peralta

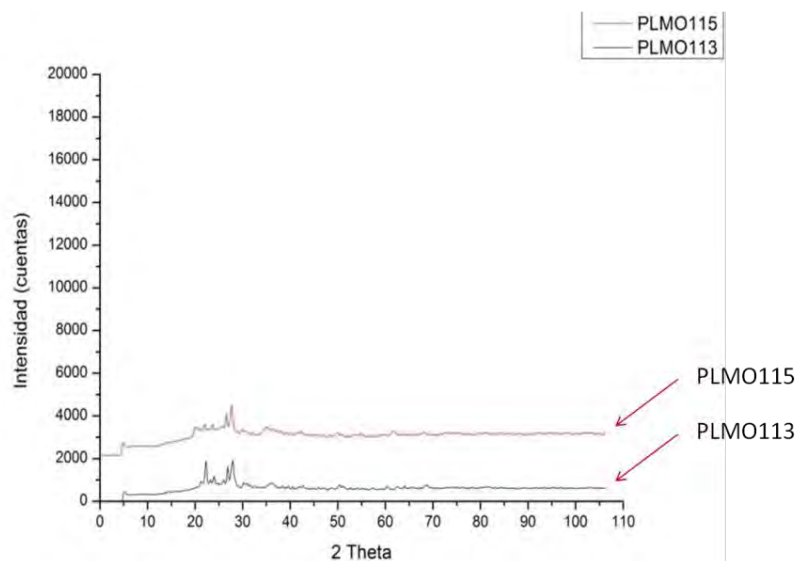


Figura 48. Gráfico comparativo de los espectros de bajareque del sitio de Plazuelas

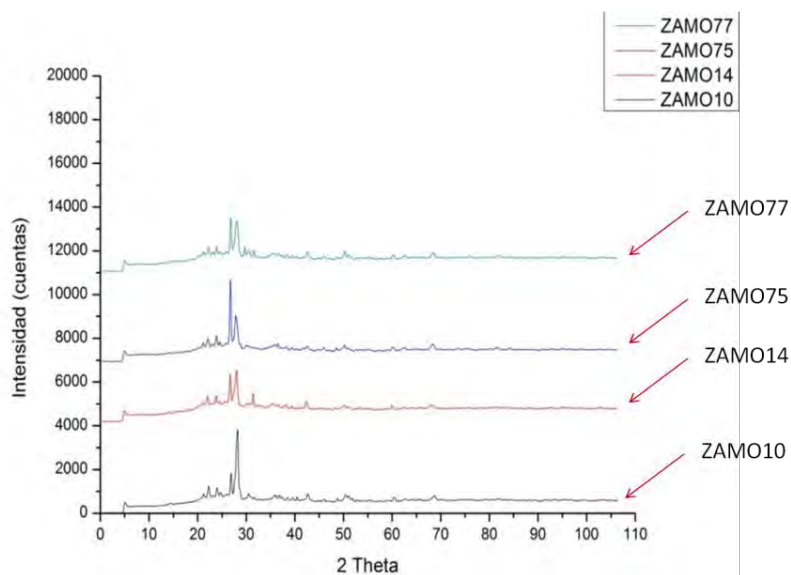


Figura 49. Gráfico comparativo de los espectros de bajareque del sitio de Zaragoza

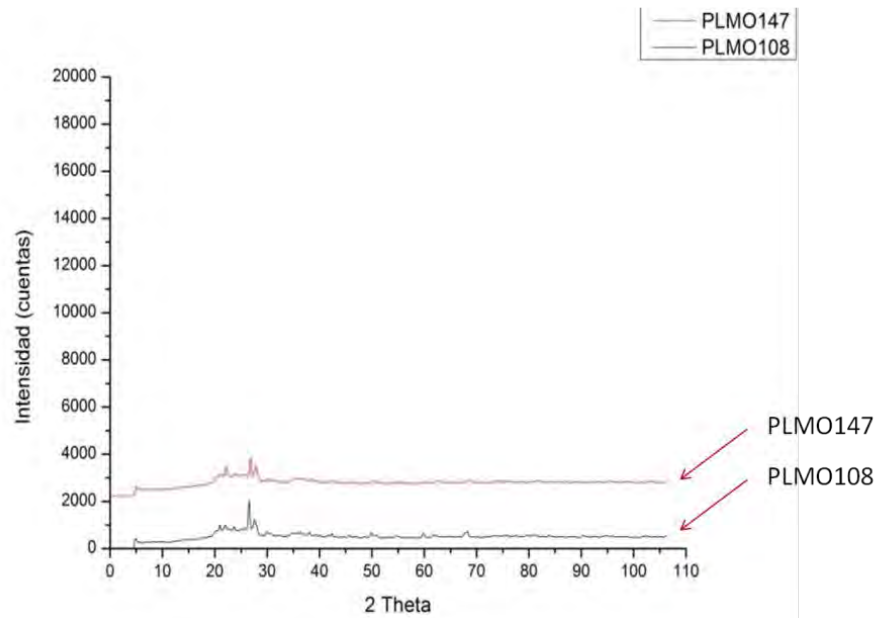


Figura 50. Gráfico comparativo de los espectros de bajareque del sitio de Plazuelas

En las siguientes gráficas se muestra la totalidad de los difractogramas por sitio, donde se observa la similitud en las composiciones de todos ellos.

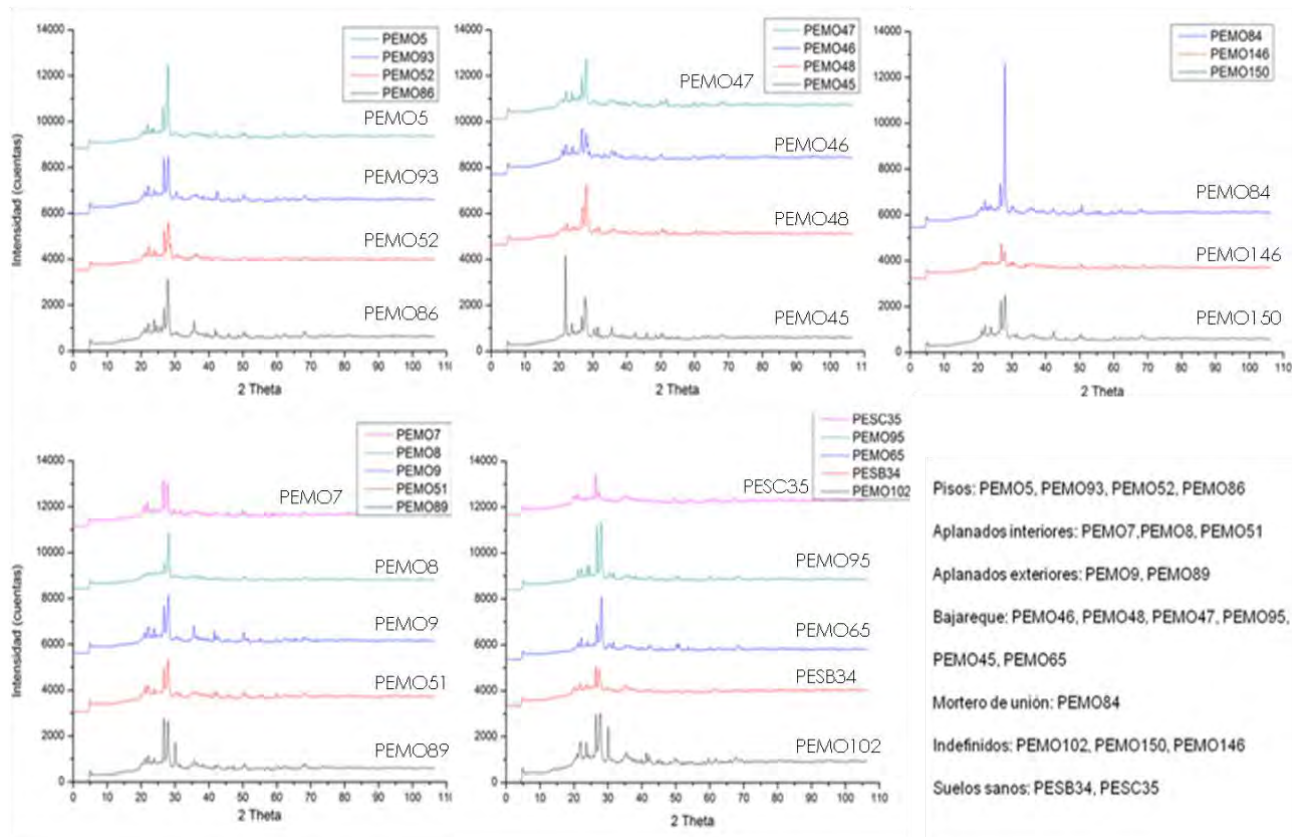


Figura 51. Comparación de todos los difractogramas de Peralta, Gto.

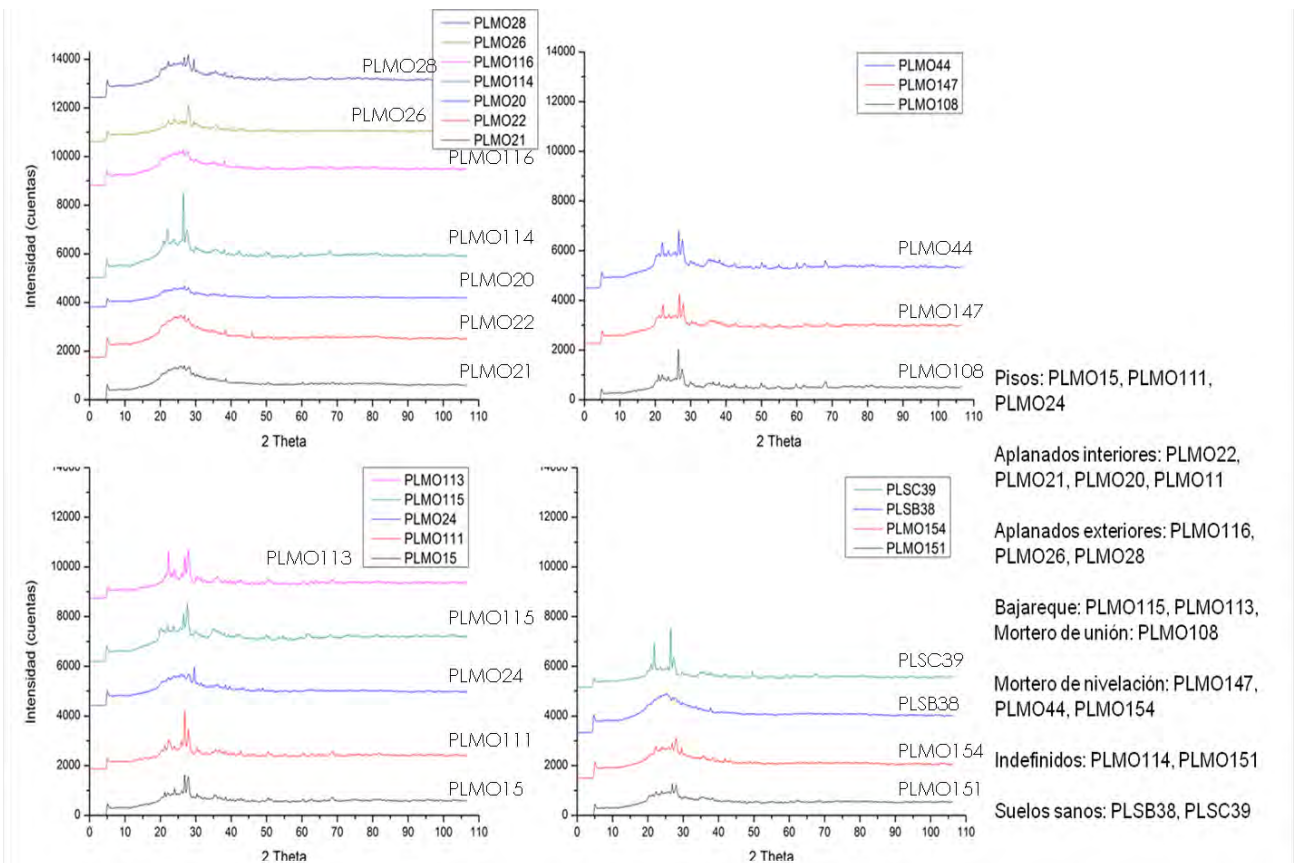


Figura 52. Comparación de todos los difractogramas de Plazuelas, Gto.

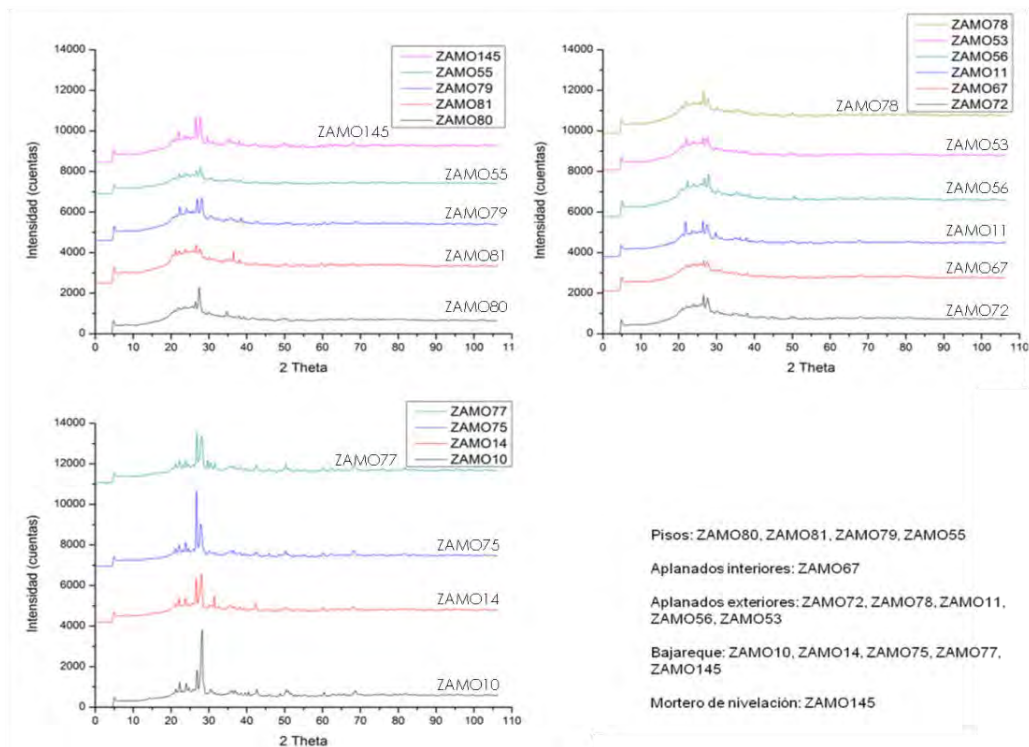


Figura 53. Comparación de todos los difractogramas de Zaragoza, Mich.

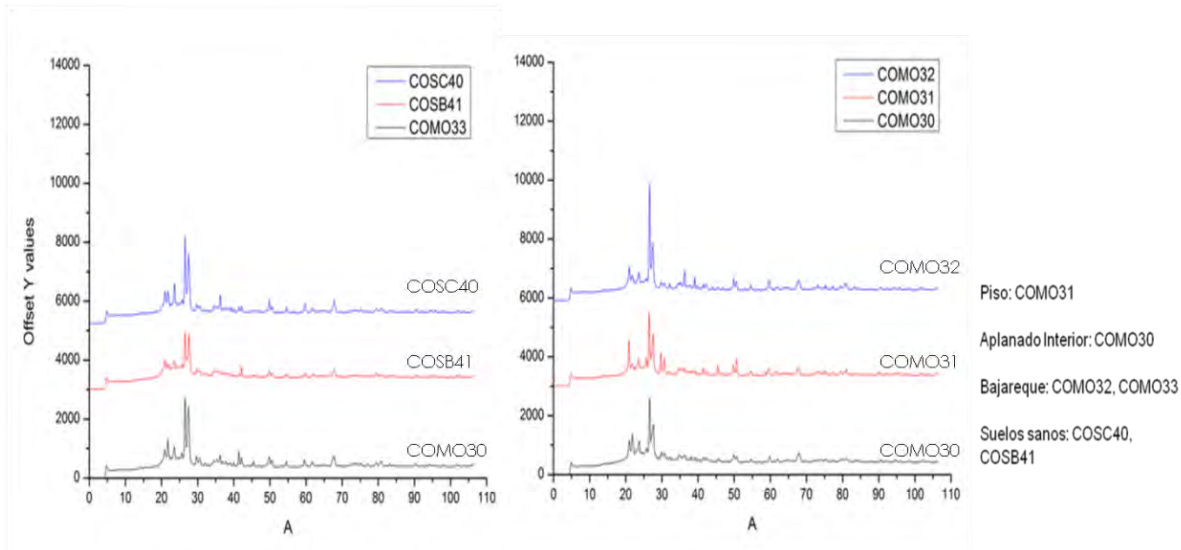


Figura 54. Comparación de todos los difractogramas de El Cópore, Gto.

Todas estas gráficas comparativas son una forma de ilustrar la similitud en el uso de materiales mineralógicamente hablando, lo que indica por una parte el uso de materiales locales presentes en las inmediaciones a cada sitio (corroborado a través de la indexación de los difractogramas obtenidos) y por otra parte que la selección de los materiales podía ser granulométricamente. Esta información se corroboró con la técnica PIXE.

En pocos casos se obtuvieron espectros de muestras muy amorfas donde casi no fue posible identificar fases mineralógicas como en el caso de la muestra PLSB38 (grupo 7). En los sitios El Cópore y Peralta, la mayoría de las muestras resultaron ser más cristalinas y, en el caso de Plazuelas y Zaragoza más amorfas. La parte amorfa puede deberse a una parte orgánica o a una fase amorfa, lo cual se buscó definir a través del análisis térmico.

### 3.4.4 Fluorescencia de rayos X (FRX)

Esta técnica permite ver la composición química de las muestras, incluyendo partes por millón. Los análisis se hicieron en el Instituto de Geología de la UNAM. En este caso se obtuvieron componentes elementales de los morteros que se contrastaron con los resultados obtenidos en otras pruebas. Los elementos medidos en porcentaje son  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Dominan el  $\text{SiO}_2$  y el  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Las partes por millón muestran los siguientes elementos: Rb, Sr, Ba, Y, Zr, Nb, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Th y Pb. De estos elementos resalta el Ba, Sr, Zr, Cu, Rb, V, Cr y Zn.<sup>197</sup> Esto es evidencia igualmente del uso de materiales locales.

<sup>197</sup> Los datos completos se muestran en los apéndices.

### 3.4.5 Técnica de haces de iones, PIXE

Esta técnica sirve para conocer la composición elemental (elementos mayores y traza) de la superficie que se está irradiando, datos que contrastaron y completaron la información obtenida por DRX y FRX, pues en este caso se analizaron morteros que no podían ser destruidos y analizar varios puntos dentro de un mismo mortero como pintura, aplanado y mortero de nivelación. La preparación de las muestras consistió en moler un fragmento de mortero y, con ayuda de una prensa, formar pastillas de aproximadamente 7mm de diámetro. El grosor varía dependiendo de la muestra.



Figura 55. Equipo para realizar las pastillas. Fotos: A. Cuéllar

Además de las pastillas se analizaron otras muestras de mortero con algunos restos de pigmentos, pero en este caso no se podían destruir, por lo que se analizaron directamente. Con las pastillas, al ser un material molido, permite la homogeneización del material y con una irradiación o medida es suficiente, sin embargo, en el caso de piezas completas o sin moler, a veces fue necesario realizar más de un punto. También se efectuaron mediciones en la pintura, en la base o enlucido y en la parte interior o aplanado propiamente dicho. El tiempo para cada pastilla fue de 5 minutos y para los pigmentos fue de hasta 10 min. En total se hicieron 91 mediciones a 64 pastillas y a 5 aplanados con pigmento.



Figura 56. Análisis PIXE. Fotos: A. Cuéllar

En la mayoría de las muestras se observó un mayor porcentaje en la presencia de hierro (Fe) y silicio (Si), además de otros elementos como:

Magnesio (Mg)	Calcio (Ca)	Galio (Ga)
Aluminio (Al)	Titanio (Ti)	Bromo (Br)
Fósforo (P)	Manganeso (Mn)	Rubidio (Rb)
Azufre (S)	Cromo (Cr)	Estroncio (Sr)
Cloro (Cl)	Cobre (Cu)	Niobio (Nb)
Potasio (K)	Zinc (Zn)	

Se dieron variaciones en proporciones, siendo siempre las mayores en Fe y Si. El Ga, Br, Nb, Cu se presentaron sólo en algunas muestras.<sup>198</sup>

### 3.4.6 Análisis térmico

Esta técnica sirve para identificar fases mineralógicas mediante cambios en la temperatura, además de detectar pérdida de peso, lo cual fue fundamental en este caso, pues este análisis se hizo con la finalidad de ver si la parte amorfa de las muestras detectada por difracción correspondía a algún componente orgánico o si se trataba de alguna fase amorfa. También nos permitió ver si originalmente las muestras habían sido sometidas a calor. Debido al tiempo de análisis que requiere cada muestra, 98 minutos, se eligieron solo 8 basados en los grupos detectados a partir de la difracción. De algunos grupos se tomó una muestra cristalina y una amorfa para encontrar las diferencias.

El equipo utilizado es el calorímetro SDT Q600 simultaneo TGA-DCS, TA Instruments, con un horno Bifilar-Wound. La cantidad de muestra requerida es de mínimo un gramo. En este caso se utilizó un crisol de platino de 110  $\mu$ l a una velocidad de calentamiento de 100°C/min hasta llegar a una temperatura de 1000°C. Los análisis se corrieron con oxígeno.

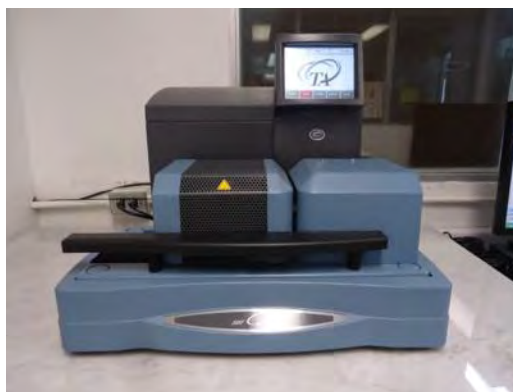


Figura 57. Equipo de análisis térmico utilizado. Foto: A. Cuéllar

<sup>198</sup> Los datos completos se muestran en los apéndices.

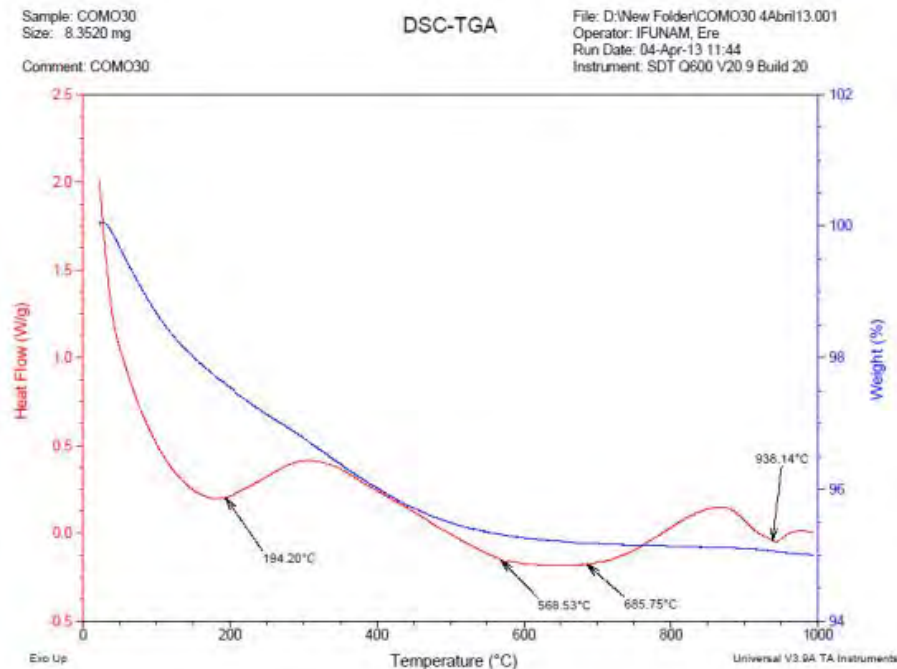


Figura 58. Ejemplo de espectro obtenido en análisis térmico.

### 3.5 Análisis de resultados

El análisis conjunto de los resultados de las diversas técnicas llevó a encontrar algunos elementos presentes en la elaboración de los morteros. Los estudios realizados a los suelos sanos permitieron tener un marco de referencia para el entendimiento de los morteros, debido a que por la cantidad de material necesaria para clasificar las arcillas, no es factible efectuar dichos análisis en las muestras patrimoniales con que contamos. Sin embargo, su estudio previo sí fue una guía para buscar la caracterización en los diferentes morteros, es decir, la contrastación con otros resultados como los de DRX permitieron corroborar los resultados obtenidos en estos estudios.

De acuerdo a los resultados de los límites de Atterberg hechos a suelos, se pudo percatar que los suelos oscuros son arcillas muy plásticas, lo cual puede identificarse con las arcillas montmorilloníticas que son comunes en los suelos vertisoles típicos de la región. En cuanto a las tierras blancas o más claras, el estudio señaló que se trataba de limos, esto por supuesto en función de su estabilidad volumétrica, no de su composición química, sin embargo, algunos resultados de DRX mostraron la presencia de caolinitas, arcillas muy poco plásticas, característica que puede explicar los resultados obtenidos en dicho estudio, como la falta de plasticidad y la poca contracción. En la gráfica siguiente se observa la existencia de la caolinita en el suelo claro de Peralta:

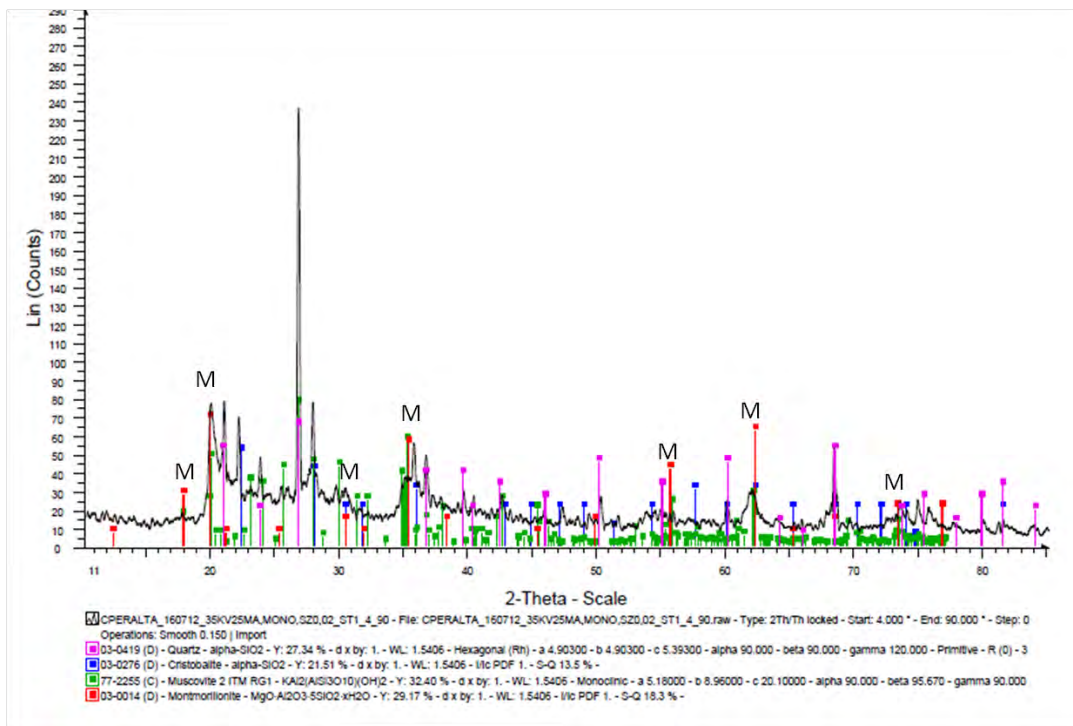


Figura 59. Difractograma de un suelo claro de Peralta. Se observa la presencia de caolinita.

Por otra parte, los resultados de la DRX mostraron que los suelos de manera generalizada tienen silicatos y aluminosilicatos, fases típicas de las arcillas, entre los que predomina el cuarzo ( $\text{Si}_2\text{O}$ ), así como ortoclasa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), anortoclasa ( $(\text{Na}, \text{K}) \text{AlSi}_3\text{O}_8$ ) y tridimita ( $\text{SiO}_2$ ) en el caso de Peralta, Guanajuato; anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) y ortoclasa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) en Plazuelas; piroxeno ( $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Na}, \text{Li}) (\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Cr}, \text{Sc}, \text{Ti})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$ ) y cristobalita ( $\text{SiO}_2$ ) en Zaragoza y microclina ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) y ortoclasa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) en El Cópore. Estas fases mineralógicas son típicas de rocas volcánicas presentes en la región como basaltos, riolitas y andesitas, siendo las más comunes, además de areniscas y tobas.

También es de recalcar que en algunos suelos sanos color café u oscuros como el de Peralta, Zaragoza y Plazuelas se presentaron restos de arcillas montmorilloníticas, comunes en los suelos vertisoles de la región y se trata de arcillas expansivas del grupo de las esmectitas. Esto se puede contrastar con las propiedades observadas en los suelos sanos color café a los que se les realizaron los límites de Atterberg.

Restos de arcilla montmorilloníticas también se detectaron en algunos morteros color café de Peralta y Zaragoza, pero también en algunos morteros color blancuzco. Si se tratara de arcillas montmorillonitas, los restos que aún encontramos *in situ* presentarían grietas o fisuras debido a la contracción y expansión durante el contacto con el agua proveniente de las lluvias o de las avenidas

máximas en la vertiente del río Lerma. El uso de estabilizantes<sup>199</sup> como la paja o algún otro tipo de fibra vegetal con características similares permite evitar este efecto nocivo en arcillas, sin embargo, en los aplanados, la proporción de este estabilizante es muy poca y, por supuesto, hoy en día únicamente tenemos la huella de su existencia por las improntas de las fibras desaparecidas que en su momento funcionaron como entramado, pero aún así, no se presentan fisuras, o muy pocas, por contracción de las arcillas durante el contacto con el agua.

En este caso, el hecho de que se presenten huellas de vegetales en menor proporción se debe, por una parte, a que el tipo de arcillas no requiere de gran cantidad para estabilizar la gran expansividad que caracteriza a otras arcillas, pero también debido a que la presencia de una mayor cantidad de fibras se emplean específicamente en los casos en los que habría solicitaciones de flexión o tensión, o también en los casos de grandes volúmenes de material arcilloso o de rocas empacadas en arcilla. De esta manera, los morteros color blancuzco pertenecen a algún tipo de arcilla no expansiva como la caolinita.

Las montmorillonitas detectadas en algunos morteros color blancuzco puede deberse a que éstas tienden a convertirse en caolinitas, lo cual se hace evidente al no observarse la característica expansividad de las montmorillonitas en dichos morteros. Ciertamente las caolinitas empleadas en los aplanados y materiales constructivos no son de alta pureza ni tienen tratamiento de purificación alguno, por lo que incluso al ser expuestos al fuego sí pueden modificar su color, lo cual no ocurriría si se tratara de caolinitas puras, así mismo son dos materiales que igualmente pueden coexistir: arcillas jóvenes (montmorillonita) y arcillas viejas (caolinita).

Otros resultados del análisis de difracción efectuado a los morteros mostraron que en Zaragoza, al igual que en Plazuelas y Peralta, predominó la presencia de cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) y albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) y microclina ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ). En Zaragoza se presentan también labradorita ( $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_8$ ) cristobalita ( $\text{SiO}_2$ ) y ortoclasa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ); en Plazuelas también se detectaron tridimita ( $\text{SiO}_2$ ), ortoclasa ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), labradorita ( $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_8$ ), gismondina ( $\text{Ca}_2(\text{Si}_4\text{Al}_4)\text{O}_{16}8\text{H}_2\text{O}$ ), sanidina ( $(\text{K}, \text{Na})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_8$ ), calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), entre otros, todos silicatos y aluminosilicatos comunes en la geología que compone a la región de estudio.

Los resultados de FRX nos dejaron ver que los componentes de los suelos son muy similares, presentando en mayor medida  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , pero en los suelos de Plazuelas, se observa una mayor cantidad de calcio y potasio en el suelo claro que en el oscuro. En Peralta también se observa una

---

<sup>199</sup> Un estabilizante ayuda a mejorar las propiedades mecánicas de las arcillas. Por ejemplo, por su expansividad, el agregar un estabilizante ayudaría a evitar que se provoquen grietas o fisuras que son típicas de las arcillas al exponerse al agua y al secarse.

mayor presencia de calcio, sodio y potasio en el suelo claro. En Zaragoza es en donde se observa mayor variedad en cuanto a cantidades entre el suelo claro y el oscuro. El claro presenta mayor cantidad de silicio, de calcio y de potasio y menor cantidad de titanio, aluminio, hierro y magnesio, el resto aparecen aproximadamente en las mismas cantidades.

Los resultados de la técnica PIXE dejaron ver también la homogeneidad en cuanto al uso de los materiales. La información tanto de FRX como de PIXE se tuvo que cruzar con otras técnicas para detectar diferencias más allá de la proporción o aparición de ciertos elementos.

En el caso de El Cópore, donde se analizó un pigmento en color rojo, la técnica PIXE arrojó la presencia de hierro en abundancia y en Plazuelas, donde detectamos pintura negra se encontraron grandes cantidades de manganeso. Esto indica el uso del óxido de hierro para el rojo y el óxido de manganeso para el negro:

	Mg-Ka	Al-Ka	Si-Ka	P-Ka	S-Ka	Cl-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	
PLMO116	0	0.0958	0.7115	0.0087	0	0	0.1314	0.0073	0.0039	0.0003	0.0410	1
PLMO20	0.0025	0.1274	0.6038	0.0043	0	0	0.0438	0.0329	0.0111	0.0764	0.0973	1
PLMO108	0.0045	0.0897	0.7565	0.0044	0	0	0.0608	0.0252	0.0069	0	0.0520	1
PLMO44	0.0018	0.1009	0.7391	0.0084	0	0	0.0553	0.0297	0.0083	0.0004	0.0560	1
PLSB38	0.0036	0.1077	0.6749	0.0067	0	0	0.1113	0.0536	0.0046	0.0007	0.0369	1

	Mg-Ka	Al-Ka	Si-Ka	P-Ka	S-Ka	Cl-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	
COMO30-sup	0.0021	0.0930	0.7044	0.0074	0	0	0.0931	0.0558	0.0039	0.0014	0.0388	1
COMO30-Apl	0.0017	0.0897	0.7469	0.0078	0	0	0.0956	0.0129	0.0061	0.0006	0.0387	1
COMO30-Int	0.0019	0.0967	0.7572	0.0031	0	0	0.0792	0.0199	0.0057	0.0002	0.0361	1
COMO29-rojo	0.0024	0.1149	0.6001	0.0059	0	0	0.0932	0.0104	0.0121	0.0003	0.1607	1
COMO29-Apl	0.0022	0.0929	0.7621	0.0065	0	0	0.0745	0.0139	0.0052	0.0010	0.0418	1
COMO29-Int	0.0018	0.0951	0.7856	0.0054	0	0	0.0605	0.0086	0.0056	0.0013	0.0362	1

Cuadro 3. En el recuadro superior se observa la presencia de abundante manganeso para el pigmento analizado procedente del sitio Plazuelas y en el recuadro inferior se observa la presencia mayor cantidad de hierro para el pigmento rojo procedente del sitio El Cópore.

Estas tres técnicas, FRX, DRX y PIXE nos ayudaron a corroborar el uso de materiales locales, pero en el caso de esta última técnica fue fundamental para entender la selección de materiales de acuerdo a su granulometría. Es decir, de acuerdo a la función que desempeñaría cada mortero, se separó el material en granos de diferentes tamaños. En el caso de los aplanados se pudo observar que los componentes elementales son prácticamente los mismos, por lo que es posible que la selección se hiciera con base en el tamaño de grano, es decir, para los aplanados más finos o enlucidos se utilizaba un material más fino. Esto se observó principalmente en los aplanados de El Cópore, donde claramente se percibe el aplanado y el enlucido.

Por supuesto debe haber otras diferencias fundamentales como los estabilizantes o materia orgánica añadida para agregar o mejorar ciertas propiedades específicas necesarias para cada mortero, como por ejemplo impermeabilidad.

Mediante el microscopio estereoscópico se verificaron diferencias en la aparición de improntas vegetales, rasgo que puede ser una de las distinciones que caracterizan a los morteros de cada función. Lamentablemente la identificación de componentes orgánicos que hayan funcionado como aditivos es muy complicada debido a su corta vida, por lo que es uno de los aspectos que aún no se han podido identificar. En la mayoría de los casos, los vegetales han desaparecido, y las adiciones orgánicas, si acaso las hubiera, serían tema de un profundo estudio químico por especialistas en química orgánica. Las moléculas orgánicas tienden a volatilizarse, disolverse, descomponerse, licuarse, lixiviarse, por su ligereza, sin embargo, son un elemento fundamental, por lo que se pretende investigar en estudios futuros.

Según el análisis térmico, aparentemente la parte amorfa de las muestras no parece ser de un componente orgánico, pues la pérdida de peso que mostraron fue muy baja, alrededor de 4-5%. Puede ser que la parte amorfa se deba al origen geológico a las eyecciones volcánicas que sufrieron un choque térmico al llegar a la atmósfera de alrededor de 23°C y se convirtieron en una matriz de vidrio volcánico contenida tanto en los líticos como en los minerales presentes en las arcillas, que inicialmente eran vidrio volcánico criptocristalino o sílex (compuestos, óxidos de sílice) que después se metamorfizaron o devitrificaron y se convirtieron en minerales ordenados cristalinos como las arcillas. A pesar de esto, la búsqueda de componentes orgánicos es fundamental y seguirá en etapas posteriores.

Los datos aquí expuestos nos dieron un panorama general de los materiales empleados en los morteros en cada sitio y sus propiedades o características, lo cual nos permitió entender su uso en los diversos tipos de morteros. En el siguiente capítulo cruzaremos la información en su totalidad, es decir, no sólo los datos obtenidos mediante técnicas analíticas, sino también la información procedente del contexto arqueológico y natural, que fue lo que nos permitió responder a nuestra pregunta rectora, corroborar la hipótesis planteada en este trabajo correlacionando los elementos centrales de nuestro fenómeno de estudio, es decir, materiales-técnicas-función, además de tener un mayor entendimiento de la tecnología constructiva para la manufactura de morteros.



## CAPÍTULO 4

### **TECNOLOGÍA DE MORTEROS CONSTRUCTIVOS DE TIERRA. UNA TRADICIÓN EN LA VERTIENTE DEL LERMA MEDIO**

De acuerdo al contexto arqueológico y a los resultados obtenidos mediante técnicas analíticas, esto nos habla primeramente del amplio conocimiento que los pobladores tenían de su medio ambiente y de las características de los materiales, permitiendo así no sólo su aprovechamiento, sino un mejoramiento de las condiciones o propiedades de cada material para desempeñar de manera más adecuada una función específica. Esto nos habla también de un gran nivel de especialización del trabajo que se generalizó en toda la región de estudio a pesar de ser grupos de distinta filiación cultural.

Como vimos, gracias a los resultados de DRX, PIXE y FRX, fue posible corroborar que se están usando yacimientos locales para la manufactura de los morteros, ya que los resultados que arrojaron los análisis a los suelos sanos y a los morteros son muy similares dentro de cada sitio. Esto es elemental en la formación de la tradición, pues el acceso a diferentes recursos dio pauta para su aprovechamiento, conocimiento y manipulación para diferentes fines, lo cual también se define socialmente a través del tiempo.

Asimismo sabemos de antemano la importancia de la relación de las sociedades con la naturaleza, donde no sólo se actúa para satisfacer necesidades diarias, sino que todo tiene un fundamento que va más allá de la practicidad como puede ser la ideología y la religión. Es en esta importancia donde se hace notorio el aprovechamiento de los recursos naturales para diversos objetivos tanto prácticos como ideológicos y donde la tradición se va enriqueciendo y fortaleciendo con el paso del tiempo.

Por otra parte, los estudios de límites efectuados a los suelos sanos permitieron entender el uso de uno u otro tipo de suelo en cada mortero, hablando específicamente de los suelos claros y los suelos oscuros. Fundamental en esta tradición también es la selección o adecuación del material por granulometría, siendo básico primeramente la selección de acuerdo a sus propiedades (suelo blancuzco u oscuro).

Así pues, el análisis en conjunto de los resultados de las técnicas analíticas aunado al análisis estereoscópico y al contexto arqueológico, permitió identificar de manera inicial algunas diferencias y similitudes de los morteros de acuerdo a su uso constructivo que pudieron identificarse en todos los sitios. A pesar de ello sí se detectaron algunas diferencias que irán mencionándose y que precisamente

nos hablan de las variaciones locales que en cada sitio presentaban. También debe quedar claro que estos resultados son parciales, y no debemos tomarlos como definitivos, pues este trabajo se irá enriqueciendo con nuevas investigaciones, descubrimientos, información o evidencias que aparezcan con el paso del tiempo.

Como se mencionó en la clasificación, los morteros incluidos se visualizan en la siguiente ilustración:

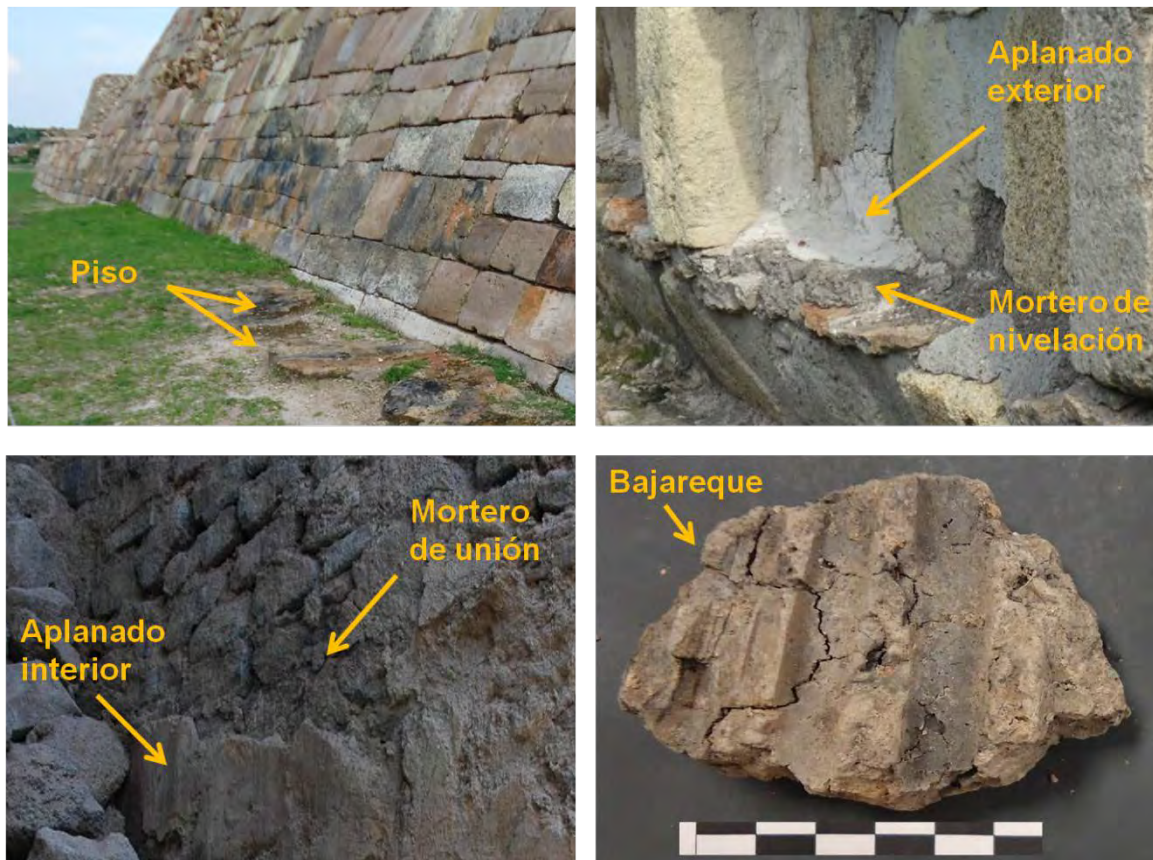


Figura 60. Imagen de los morteros detectados en los sitios de estudio. Fotos superiores e inferior derecha: A. Cuéllar. Foto inferior izquierda: E. Cárdenas.

#### 4.1 Aplanados

Los espesores de los aplanados varían en rangos menores a 4cms, variaciones que se presentan tanto dentro de un mismo sitio como entre los demás. En algunos aplanados se puede percibir una capa fina o enlucido como acabado final de alrededor de 1mm. También se detectó habitualmente un alisamiento en estas superficies, observándose solamente las improntas o huellas que dejaron algunas fibras vegetales tipo paja que formaron parte de la pasta original. De manera general se encontraron huellas de fibras vegetales en porcentajes menores. En algunas muestras se ven huellas del objeto con el que fueron alisadas.

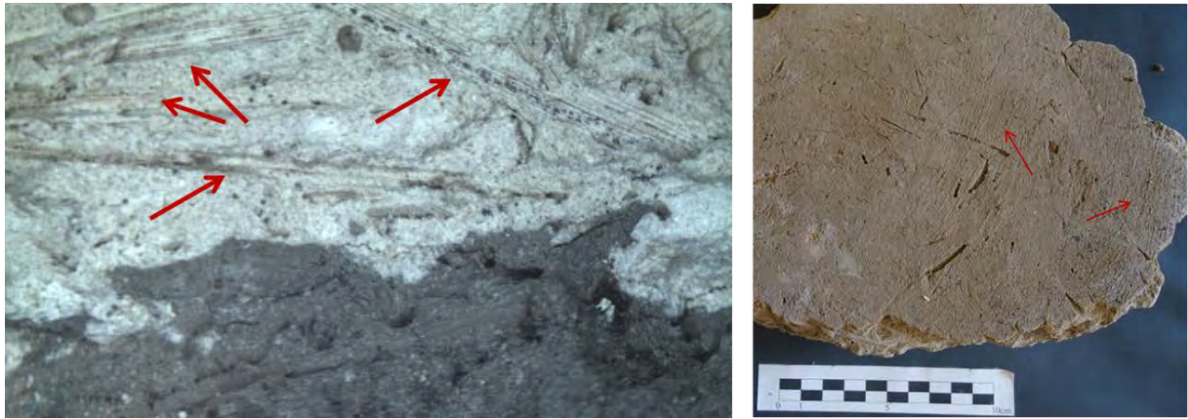


Figura 61. A la izquierda se observa un aplanado (parte blanca) procedente de Plazuelas donde se observan las improntas de fibras vegetales. A la derecha aplanado en el que se distinguen las líneas provocadas por el objeto con el que se alisó. Procedencia: Peralta, Guanajuato. Fotos: A. Cuéllar

Los aplanados usualmente son de color blancuzco o café claro, en algunos casos se observan de color rojizo, rosado o negro debido a alguna exposición a fuego o tratamiento térmico. Sin embargo, el uso de este suelo blancuzco en los aplanados permitía la permeabilidad al vapor de agua, logrando que los muros respiren y evitando además la contracción y expansividad que agrietaría los aplanados con otro tipo de material. El agrietamiento de los muros no sólo generaría problemas visuales, sino también pondría en riesgo la estabilidad tanto del aplanado como la del soporte a partir de que se favorece o se facilita la penetración de agua. Un estabilizante orgánico pudo haber favorecido la impermeabilidad al agua.

Los resultados de las técnicas analíticas demostraron que los materiales para la manufactura de los aplanados y los enlucidos son prácticamente los mismos, tanto en el caso de los morteros, como el caso de los suelos sanos provenientes de las canteras de suelos aledañas. La selección se dio primordialmente por granulometría, por lo que el tratamiento se hizo para lograr este fin, pues en todos los casos es posible observar una homogeneidad en los materiales (química y mineralógicamente hablando).

Evidentemente en los pigmentos encontrados en algunos aplanados de Plazuelas y El Cópore se observaron más variaciones en las cantidades o porcentajes de aparición de ciertos elementos que nos indican el tipo de mineral utilizado en su manufactura, como por ejemplo el óxido de hierro para el rojo en el caso de El Cópore y el óxido de manganeso para el negro en el caso de Plazuelas.

Volviendo a la selección granulométrica, esto se debe principalmente a la búsqueda por mejorar el material por eliminación de sobretamaños, y en la parte estética podría funcionar al tener una mezcla de materiales de granos homogéneos, aunque por supuesto sí se observa la presencia de

algunos agregados de grava (también granulométricamente) color rojo.<sup>200</sup> Por otra parte, se pensaba en la mezcla de materiales estables volumétricamente hablando con aquellos abundantes pero inestables también volumétricamente hablando.

En varios casos se observó una serie de aplanados colocados uno sobre otro, lo cual pudo tratarse de renovaciones, pues las capas son uniformes y no sólo en algunas partes como se esperaría si fuera a manera de reparación. Además esto se observó principalmente en superficies expuestas a la intemperie, es decir, en basamentos piramidales, lo que pudo conllevar algún significado o simbolismo, ser parte de la protección o mantenimiento necesarios por tratarse de aplanados exteriores o ambos.

Para aplanados interiores, hasta el momento no tenemos evidencias de la superposición de capas.



Figura 62. Las flechas indican la superposición de varias capas de aplanado, las cuales son homogéneas indicando que no se trata simplemente de una reparación. La flecha punteada señala la presencia de grava roja comúnmente usada en los aplanados. Procedencia: las imágenes izquierda y central pertenecen a la Estructura 1 de Zaragoza y la imagen derecha a Plazuelas. Fotos: A. Cuéllar

En Peralta se observó, en etapas diferentes, el mismo tipo de materiales utilizados en los aplanados, sin embargo, en etapas más antiguas los morteros eran más frágiles o deleznable.

En el caso del sitio El Cópore, se observó que se forman por un mortero con mayor cantidad de agregados rojizos de diversos tamaños (algunos incluso de hasta 1cm, también encontrados en Plazuelas), así como otros de color negro, café y cristalinos (éstos últimos encontrados también en los otros sitios). Como aplanado o enlucido final se observa una capa fina que puede variar desde medio milímetro hasta 3 milímetros con el mismo tipo de materiales pero de menor tamaño. Esto podría implicar no sólo la selección o separación del material por tamaños, sino también que pudo molerse para obtener una pasta más fina.

<sup>200</sup> La cantidad de agregados de grava color rojo es mínima, pero sí es un rasgo que los caracteriza.

## 4.2 Pisos

También son de color blancuzco, en algunos casos se observan en un tono más oscuro, lo cual puede deberse a las impurezas de la arcilla y a alguna exposición a fuego. Sabemos que una arcilla expansiva en contacto con el agua se expande y se contrae, ocasionando fisuras, grietas y se vuelve “chiclosa”, por lo que el uso de arcillas no expansivas es un aspecto fundamental en un piso, pues además, esto se traduce en confort para los usuarios y, en combinación con otros agregados, permite un drenaje natural, de ahí la importancia del uso del suelo blanco descrito anteriormente.

Otra característica de los pisos es que presentan una gran cantidad de líticos, característica que puede deberse a que proporcionan más resistencia sobre todo al tránsito o flujo de personas, además de que también favorecen un drenaje natural.



Figura 63. A la izquierda imagen de un piso de Peralta y a la derecha imagen de un piso de Zaragoza ambos vistos al microscopio. Aumento 5x. Se observan los líticos característicos de los pisos. Foto: A. Cuéllar

Por otra parte se observó la presencia de poros muy pequeños que pueden deberse al fraguado durante su colocación.



Figura 64. A la izquierda imagen de un piso in situ ubicado en el sitio de Plazuelas. A la derecha fragmentos de un piso del sitio de Peralta con el típico color blancuzco. El cambio en la coloración del primer ejemplo se debe a la exposición al fuego. Fotos: A. Cuéllar

Como señalamos, los pisos y los aplanados de las estructuras presentan una continuidad (con una especie de chaflán), lo cual beneficiaría en caso de escurrimientos por lluvia, además de que las características del suelo blancuzco en los pisos evitan la filtración por capilaridad que pudiera dañar los aplanados. Esta característica de formar una misma capa se ha encontrado en sitios como Teotihuacan, como se señaló en el apartado 1.4 del capítulo 1 y en La Joya, Veracruz.<sup>201</sup> Lo que aún no tenemos evidencias claras es sobre la forma de unión de ambas capas, pues aunque a nivel microscópico se ven muy semejantes, sí hay algunos elementos que los distinguen como la mayor cantidad de fibras vegetales en los aplanados y de líticas en los suelos.

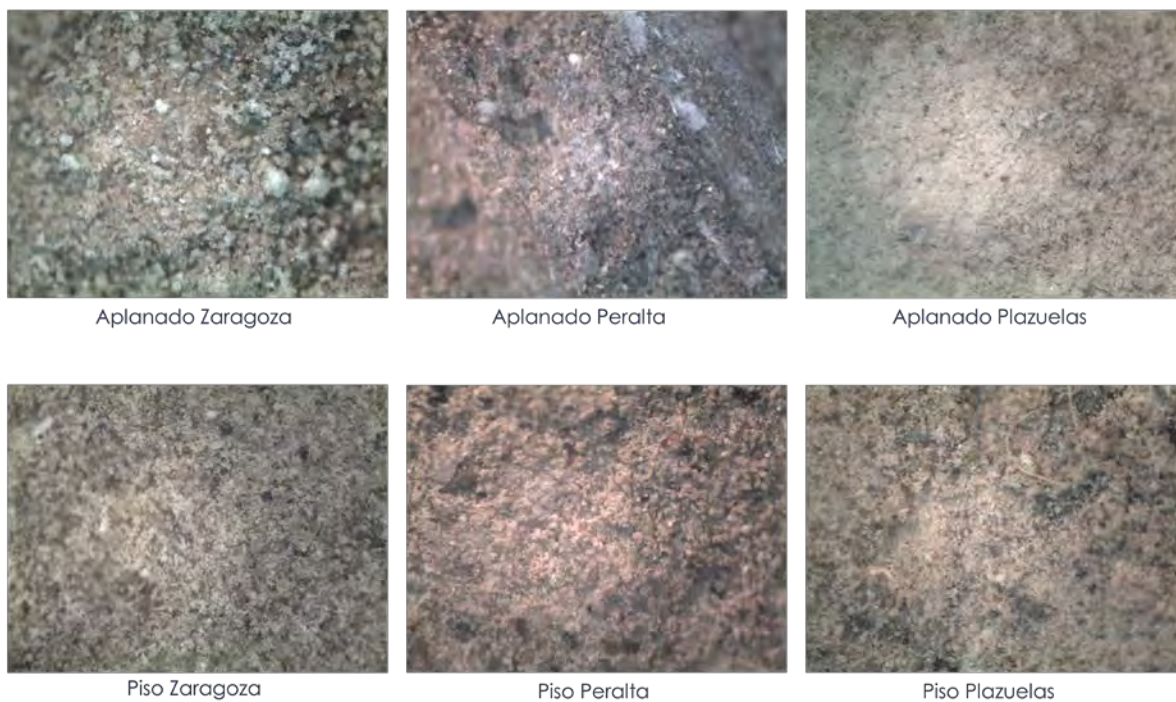


Figura 65. Comparativo de pisos y aplanados vistos al microscopio estereoscópico. Todos a un aumento de 5x. Se observan las similitudes entre ambos tipos de morteros.

### 4.3 Mortero de nivelación

Este mortero se presenta en color café-grisáceo. En varios casos se encontró unido aún a los aplanados e incluso *in situ*, por lo que se pudo detectar que su función era rellenar o nivelar espacios dejados por el uso de piedra irregular en la mampostería para dar forma y uniformidad al soporte y colocar de esta manera el aplanado. Debido a esto, el grosor es muy variable. Esta práctica, con más

<sup>201</sup> Annick Daneels y Luis Fernando Guerrero Baca, “Millenary Architecture in the Tropical Lowlands of Mexico”, en *APT Bulletin*, Vol. 42, No. 1, 2011, p. 15.

evidencias en el sitio de Plazuelas, se modificó en etapas posteriores debido a un mejoramiento en las técnicas de estereotomía, haciendo innecesario el uso de este tipo de morteros.

En el caso de Peralta se encontraron morteros de aplanado de etapas más antiguas con la presencia de un mortero grisáceo que posiblemente pudiera funcionar como mortero de nivelación, sin embargo, no se tiene la certeza de esto.



Figura 66. Imagen donde se observa el uso de los morteros de nivelación (señalado con la flecha amarilla) en donde la piedra se encuentra con mayores irregularidades y mediante el uso del mortero se empareja el área para colocar posteriormente el aplanado. La flecha punteada indica un mortero aplicado recientemente durante los trabajos de excavación y consolidación. Fotos: A. Cuéllar

Presentan una mayor cantidad de improntas de fibras vegetales, lo cual se explicaría, por una parte, por la necesidad de estabilizar las arcillas y porque el uso de estos vegetales ayuda a soportar esfuerzos de tensión, es decir, da mayor sujeción, sobre todo si se trata de espesores grandes.



Figura 67. Imagen al microscopio de un cementante. Se observa la gran cantidad de improntas o huellas de fibras vegetales. Procedencia: Plazuelas Fotos: A. Cuéllar

#### 4.4 Bajareque

Se analizaron una serie de morteros que comúnmente denominamos como bajareque debido a la presencia de improntas de algún tipo de vara (aproximadamente de 1 a 1.5cm de diámetro) o morillo (de aproximadamente 10cm de diámetro). Una de las primeras interrogantes es el uso al que estaban

destinados, pues ninguno se encontró *in situ*, pero generalmente nos remite a la técnica de bajareque utilizada en la fabricación de muros.

Atendiendo al contexto arqueológico, en la mayoría de los casos, este tipo de morteros se encontraron en unidades habitacionales adosadas a elementos arquitectónicos como plazas, espacios abiertos o espacios religiosos donde se observan restos de muros de adobe o en recintos con mampostería de piedra. Ejemplo de ello son las unidades habitacionales del Conjunto 1 o Recinto de los Gobernantes de Peralta y los recintos de estructura piramidal como el de la Estructura 1 en Zaragoza, en los basamentos II y III de Plazuelas y en el montículo 2 de l Conjunto 2 de Peralta. Debido a su presencia en áreas con muros de mampostería, es probable o más factible que dichos elementos pertenezcan a un terrado y no a un muro.



Figura 68. La foto de la izquierda y central pertenecen al sitio de Plazuelas donde se observan recintos con mampostería de piedra y de donde se obtuvieron algunas de las muestras de bajareque (Fotos: Jorge Quiroz). A la derecha Unidad Habitacional del Recinto de los Gobernantes en Peralta. En este caso los muros eran de adobe (Fuente: Efraín Cárdenas, Segundo Informe, Peralta 2010, p.156).

En algunos casos se encontraron morteros con improntas de morillos de aproximadamente 10cm de diámetro y con una separación de alrededor de 2cm entre uno y otro, lo que hace probable que sean parte de este sistema de terrado, ya que generalmente en los muros se utilizan refuerzos vegetales más delgados como estructura o con una mayor separación, aunque cabe decir que este no es una característica definitiva. En el caso de la Estructura 6 de Zaragoza también se detectaron restos de mortero con impronta de morillo. El sistema constructivo es a base de mampostería de piedra careada irregular junteada con mortero de unión de suelo, por lo que es posible que dichos restos también sean de alguna cubierta de terrado. En la Estructura 3 de este mismo sitio se presentan restos de bajareque, sin embargo, no se tienen evidencias de muros, por lo que en este caso queda más amplia la posibilidad de que se trate de muros de bajareque. Los resultados de los análisis muestran fases mineralógicas y elementos muy similares en todos los casos, por lo que el contexto se vuelve fundamental en su definición.

Tenemos referencias de sitios como El Cópore, Guanajuato, Tula, Hidalgo o La Joya, Veracruz que también presentan uso de morteros donde hay mayores evidencias del empleo de terrados en sus construcciones.

Otra referencia importante se tiene en el edificio 4 de Tula, donde se encontró parte del sistema de terrado sobre el piso de una habitación, por lo que se identificó de manera más certera dicho sistema e incluye el uso de vigas y morillos de madera. El sistema Baez lo describe como sigue:

...en sentido corto se colocaron las vigas rectangulares de 56 cm por 24 cm, el largo de las vigas habrán variado por el área a techar; de forma transversal a las vigas en un sentido más corto sobre éstas se colocaron los morillos que fluctúan entre los 12 cm de diámetro, sobre los morillos se extiende un entramado (ramas secas) o cama de petate, para nivelar y tener homogénea la capa o entortado de gravas y guijarros de tepetate que se extienden sobre el material vegetal, enseguida, sobre el entortado se sobrepone una capa de tierra compactada (terrado) que sirve como firme, por último habría un enlucido de estuco; sobre esta última parte no contamos con evidencia de estuco como parte del techo, pero es posible que haya sido aplicado o que fue cubierto con algún otro material para impermeabilizar la superficie expuesta a la intemperie.<sup>202</sup>



Figura 69. Imagen de un sistema de terrado detectado en excavación. Imagen tomada de Fernando Báez Urincho. “El Edificio 4, un Palacio en Tula Grande, el Aposento del Rey Tolteca”, FAMSI, 2008, p. 36.

En los casos aquí estudiados, encima de los morillos, y colocados transversalmente, se incluiría el uso de varas de aproximadamente 1 a 1.5cms. Se analizaron restos de bajareque donde se observan las huellas de morillo y transversalmente la impronta de varas delgadas. No se tienen evidencias del uso de vigas. Este sistema lo describe de manera similar Guerrero Baca para Paquimé:

Los techos eran planos y se realizaban bajo el sistema conocido como terrado que consiste en compactar una capa de 15 a 20 cm de espesor de la misma mezcla de tierra utilizada en los muros sobre una serie de

<sup>202</sup> Fernando Báez Urincho. “El Edificio 4, un Palacio en Tula Grande, el Aposento del Rey Tolteca”, FAMSI, 2008. <http://www.famsi.org/reports/07026es/07026Baez01.pdf>

varas rectas o carrizos colocados uno junto al otro. Debajo y en forma perpendicular al sentido de los carrizos, previamente se habían colocados morillos de pino que transmitían las cargas hacia los muros.<sup>203</sup>

En el caso de la Joya, ubicada al sur de la actual ciudad de Veracruz<sup>204</sup> también se menciona la existencia de morteros que formaron parte de terrados con prácticamente las mismas características.



Figura 70. A la izquierda, resto de mortero de terrado proveniente de las excavaciones en La Joya, Veracruz. A la derecha se observa la similitud con los morteros encontrados en Plazuelas, Peralta y Zaragoza. Fuente foto izquierda: Annick Daneels y Luis Fernando Guerrero Baca, “Millenary Architecture in the Tropical Lowlands of Mexico”, en *APT Bulletin*, Vol. 42, No. 1, 2011, p. 13. Fuente foto derecha: Tomada por A. Cuéllar

El Cópore tiene una gran cantidad de restos de morteros identificados como terrados,<sup>205</sup> donde el sistema constructivo de algunas habitaciones muestra cimentación de bloques de riolita, muros de adobe con cubierta de terrado como en el caso de la Unidad Habitacional 47 y en la plataforma del Conjunto Gotas.<sup>206</sup> En este caso los morteros aparentemente son muy fuertes y sobre todo se observan improntas de fibras vegetales alargadas o pa sto “popotillo”.<sup>207</sup> También se tienen evidencias de morteros con diversos grosores. El sistema de terrado en este sitio se asemeja a las descritas en las citas anteriores.

<sup>203</sup> Luis Fernando Guerrero Baca, *Arquitectura de Tierra*, México, D.F., Colección CYAD, Universidad Autónoma Metropolitana, 1993, p. 40.

<sup>204</sup> Daneels, Annick y Luis Fernando Guerrero Baca, *op. cit.*, p. 13.

<sup>205</sup> Esta preservación se debe a su contexto medioambiental, pues es la zona más seca de las estudiadas.

<sup>206</sup> Armando Nicolau Romero, *Conservación de la arquitectura de tierra: Estudio de caso en el sitio arqueológico El Cópore*, Tesis de Maestría en Restauración de Sitios y Monumentos, Facultad de Arquitectura, Universidad de Guanajuato, 2008, p. 28.

<sup>207</sup> *Ídem*, p. 81.



Figura 71. Conjunto Gotas en el Cópore. A la derecha fragmento de terrado encontrado en campo. Fotos: A. Cuéllar

Por otra parte, se tienen muestras de morteros de Peralta y en Plazuelas que presentan la impronta de algún tipo de tejido similar a un petate, pues se observa un tejido posiblemente de fibras finas de aproximadamente medio centímetro de ancho tejidas transversalmente. También se encontró en contextos similares. Esto puede ser indicio del uso de este material como cimbra o soporte para la colocación del terrado o incluso para dar un acabado estético. Esta práctica pudo observarse en la actualidad en el mismo sitio de Plazuelas, aunque por supuesto el tejido es diferente. De ser así, los morillos y varas estarían ahogados en el mortero. Ciertamente faltan más evidencias para definirlo.



Figura 72. A la derecha una casa contemporánea ubicada en Plazuelas con el uso de petate en el techo. A la derecha fragmento de mortero con huellas de algún tejido similar al petate. También procede de Plazuelas. Fotos: A. Cuéllar

En la siguiente imagen se muestra una interpretación del posible sistema de terrado utilizado en los sitios de estudio. Primeramente se coloca un petate a modo de cimbra con tal vez una pequeña cantidad de mortero. En seguida se colocan los morillos y, encima y transversales a éstos, se ponen las varas. Finalmente se pone una “torta” o capa de mortero con alguna inclinación para evitar encharcamientos de agua y muy probablemente con algún material que le proporcione cierta impermeabilidad. Esto podría ser en una capa final, sin embargo, no se tienen evidencias.

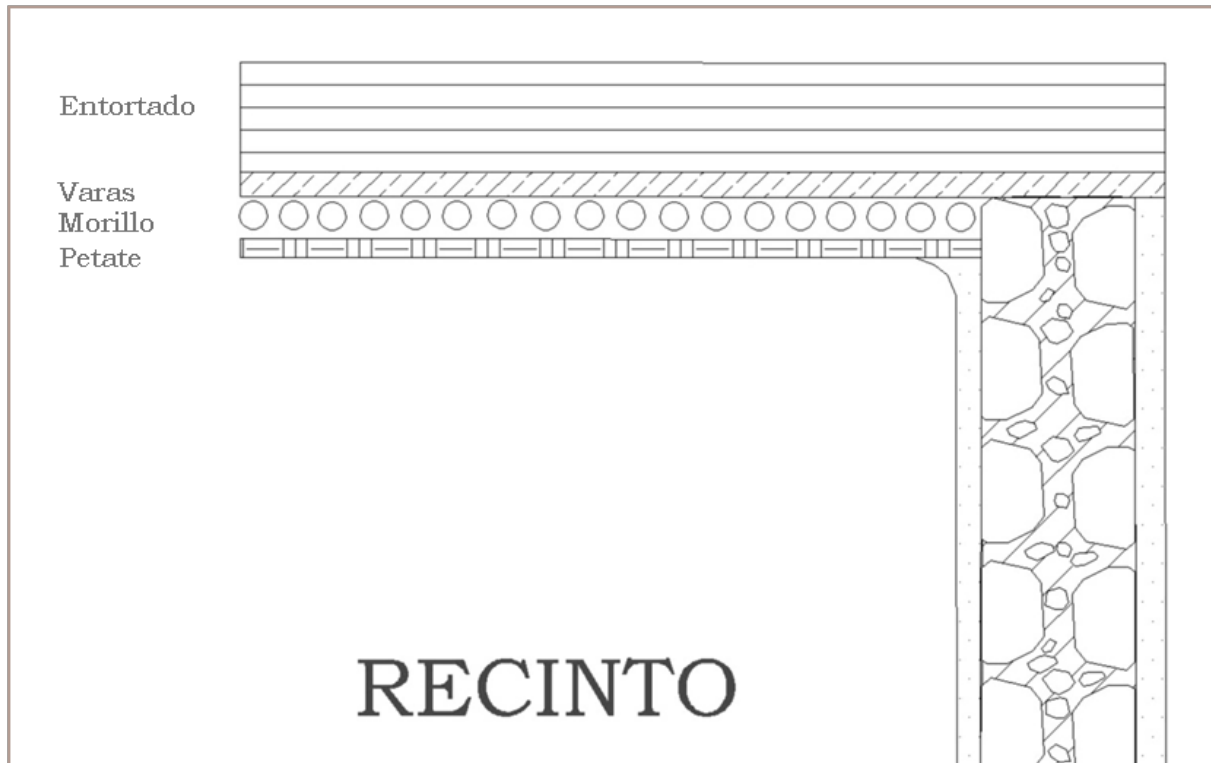


Figura 73. Reconstrucción hipotética de un terrado de acuerdo a las evidencias encontradas en los morteros de bajareque.  
Dibujo: Jorge Quiroz

#### 4.5 Otras consideraciones

Como se vio en las descripciones anteriores, los pisos y los aplanados son blancuzcos, color que depende de la arcilla base y, el cambio de color que se observó en algunas muestras, es función del porcentaje de la caolinita empleada. Los morteros de unión, de nivelación, bajareque o posibles terrados son de color café oscuro o grisáceo. Atendiendo a estos resultados podemos observar que los recubrimientos exteriores (pisos y aplanados) son hechos con caolinita, cuyas propiedades evitan que el agua se retenga y por lo tanto que no se expandan, permitiendo que el agua salga y mejorando así sus características para dicho propósito. Los materiales oscuros son morteros que no se encuentran expuestos a la intemperie.

Además, en los tres sitios se detectó el uso del suelo blancuzco en el desplante de las estructuras,<sup>208</sup> lo cual resulta bastante funcional, pues permite el paso del agua y, al no absorberla, impide que se produzcan deformaciones en la estructuras, es decir, se vuelve un drenaje natural, además de que se evitan los daños por capilaridad en los muros o las manchas de salitre (sales de Na, Ca y Mg) en los morteros de los muros. El color también pudo atender a cuestiones estéticas.

<sup>208</sup> Jorge Quiroz, comunicación personal 2012.

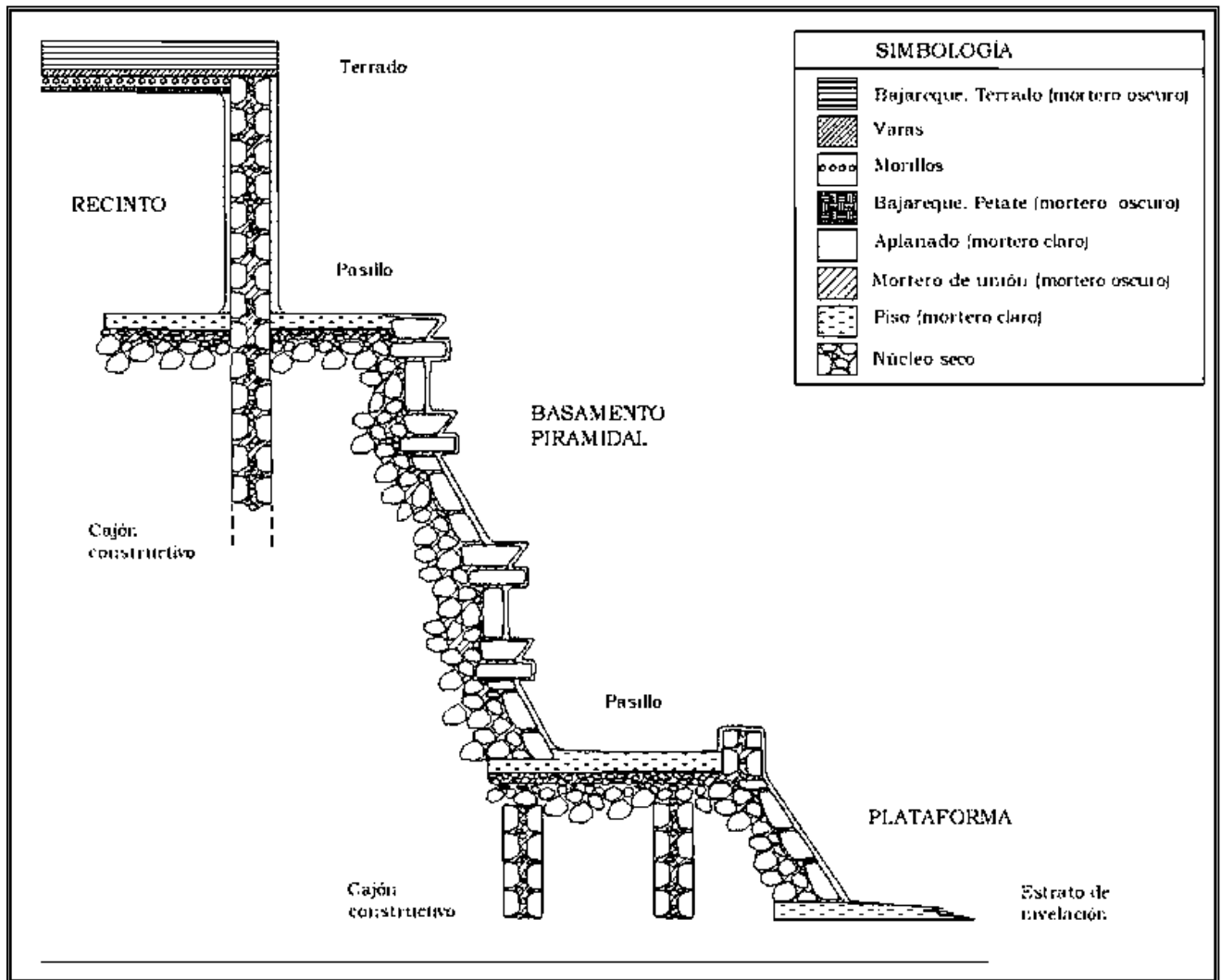


Figura 74. Corte estratigráfico ilustrativo de Plazuelas donde se observa y distingue el uso de suelos claros y oscuros en la elaboración de morteros según su función constructiva. Esto se repite en Peralta y Zaragoza. Dibujo: Jorge Quiroz

En Plazuelas se observa un cambio o perfeccionamiento en el trabajo de los morteros de una etapa a otra que se debe posiblemente al avance en el trabajo de la cantería o estereotomía, pues en las primeras etapas es más burdo, por lo que hay mayor necesidad de morteros de nivelación para rellenar, nivelar y colocar posteriormente el aplanado externo. Esta característica se detectó tanto al exterior de los basamentos como en el interior del recinto.



Figura 75. A la izquierda aplanado y mortero de nivelación de una etapa anterior. A la derecha aplanado en la última etapa constructiva del Basamento Este de Plazuelas. La flecha punteada indica el mortero de nivelación y las continuas el aplanado. Fotos: A. Cuéllar

En la última etapa el trabajo en piedra es más fino, incluso se observan algunos fragmentos donde se presentan juntas a hueso o tal vez con muy poco mortero, y en los aplanados *in situ* se observa que ya no se coloca mortero de nivelación.



Figura 76. En la imagen izquierda se observan dos etapas constructivas de un montículo del sitio de Plazuelas. En la parte superior se encuentra una etapa más temprana, donde se percibe un trabajo más burdo en la piedra y en la parte inferior o primer plano se puede ver un trabajo más fino en la estereotomía. A la derecha imagen de tres etapas distintas de un montículo donde se evidencia el cambio en el trabajo de la estereotomía que provoca un cambio en la aplicación del mortero de nivelación. Fotos: A. Cuéllar

De acuerdo a los resultados de DRX, FRX y PIXE se pudo corroborar la similitud en cuanto a los materiales, sin embargo, en etapas más antiguas el trabajo es más burdo sobre todo en la estereotomía, lo cual requería adecuaciones mediante la aplicación de morteros para dar el acabado final a las estructuras. En el caso de Zaragoza los resultados igualmente son muestra del uso del mismo tipo de materiales para los morteros obtenidos de las etapas distintas de una misma estructura, pero no se tienen evidencias del uso de morteros de nivelación, lo cual no significa que no hayan existido, ya

que en la consolidación y restauración de la estructura se optó por cubrir la mayor parte de las estructuras más tempranas o antiguas.

Como ya se mencionó, en el caso de Peralta se observó, en etapas diferentes, el mismo tipo de materiales en los aplanados, pero con mayor fragilidad en etapas más antiguas. En todos los casos, también debe considerarse la identificación de elementos orgánicos en cada etapa, que de la misma forma podría ser importante en el cambio de dicho trabajo.

Todos estos cambios tan notorios incluso pueden ser reflejo de algún cambio de tipo social, sin embargo, mediante este trabajo de investigación lo que es evidente es que la tradición en la tecnología de morteros se va mejorando y fortaleciendo con el paso del tiempo.

#### **4.6 Conclusiones**

Como vimos en el capítulo 1, una tradición puede definirse a través de la identificación de patrones compartidos tanto diacrónica como sincrónicamente. Los estudios nos permitieron observar la presencia de patrones generales compartidos en los diferentes sitios de estudio, presentándose algunas variaciones debidas al uso de materiales al alcance de cada sitio y al trabajo local.

Sabemos que en la región se da una dinámica donde convergen diversos grupos y, elementos como la cerámica, nos hablan de que se comparten ciertas prácticas debidas a una serie de procesos sociales, políticos o culturales que no son motivo central de esta tesis, por lo cual no se ahondará en ello, pero sí es notoria una estandarización en el trabajo. Todos estos procesos permitieron que en algunos aspectos las técnicas o prácticas constructivas se hayan unificado de cierta manera, aunque no podemos dejar de lado las variaciones evidentes que se presentan en cada sitio, ya sea por el contexto inmediato o por sus prácticas locales que no muestran una adopción absoluta. Será interesante ampliar el estudio a otras regiones para comparar la tecnología utilizada en la Vertiente del Lerma Medio e identificar similitudes y diferencias y así continuar rastreando dicha tradición.

En cuanto a los materiales analizados, podemos decir que la selección del suelo se hizo primero según el uso al que será destinado, es decir, como lo hemos venido señalando, suelo oscuro o café y suelo claro o blancuzco. Esto debido a las propiedades o características que posee cada uno que los hacen más adecuados dependiendo del uso al que fueron destinados, e incluso puede hablarse de alguna cuestión estética. Posteriormente el tratamiento se da para obtener una granulometría específica, ya sea por selección o incluso moliendo el material.

Uno de los elementos más importantes que aún no se han detectado debido a su complejidad y al tiempo de esta tesis, son los componentes orgánicos o estabilizantes que pudieron utilizarse en los

morteros y que seguramente les dieron ciertas propiedades específicas, tarea que es imprescindible continuar. Estos elementos seguramente son básicos en la diferenciación de morteros según su función.

Indudablemente la característica general que define a esta tradición en los morteros es el uso de las arcillas (material muy abundante en la región, lo que también implicaría el evitar trasladar grandes cantidades de material de otras regiones), que se seleccionan y estabilizan de diferentes formas de acuerdo al uso constructivo al que serán destinados. Los resultados de PIXE, DRX, FRX nos permitieron ver la homogeneidad en el uso de los materiales, pero es evidente que el tratamiento que se les da es principalmente para obtener cierto tamaño de grano o granulometría.

Por supuesto un aspecto fundamental que nos llevó a ver la existencia de una tradición es la morfología de los morteros según su función, lo cual se contrastó con la información proporcionada por las diferentes técnicas analíticas, pero también la observación y contexto fueron fundamentales.

En los morteros analizados de diferentes etapas de una misma estructura, se pudieron observar, en los casos en los que se tenía evidencia, de una homogeneidad en los materiales usados en su manufactura, pues los resultados químicos y mineralógicos nos hablan del uso del mismo tipo de materiales tanto en etapas tempranas como tardías, sin embargo, se observó que los morteros eran menos burdos en las últimas etapas, observándose un refinamiento en la técnica de aplicación, haciendo menos necesario el uso de morteros de nivelación, en el caso de Plazuelas, el cual se usaba para alisar u homogeneizar la superficie sobre la cual se colocaba el aplanado y, en el caso de Peralta, con la creación de morteros más fuertes.

En Plazuelas, esto también se debe a un cambio en el trabajo en la piedra de la mampostería, pues en etapas anteriores el trabajo era más burdo, mientras que en las últimas etapas el trabajo en la piedra permitía un mejor ensamble entre los mampuestos, siendo menos necesario el uso de morteros tanto para ligar las piedras como el aplanado. Menciono el caso de Plazuelas debido a que se pudieron identificar estos elementos *in situ*, aunque en todos los sitios, las muestras provenientes de diferentes etapas constructivas presentaron igualmente cierta homogeneidad en los materiales. En estos cambios en las diferentes etapas también se puede pensar en procesos determinados que ocurrieron en los sitios que provocaron cambios en la manufactura.

Hasta ahora el trabajo se hizo en muestras provenientes de diferentes etapas constructivas de diferentes edificios, lo cual indica diferentes periodos, sin embargo, falta determinar cronologías absolutas para definir con mayor claridad dichos procesos confrontándolo también con cuestiones de tipo social.

La similitud en los materiales que pudimos apreciar también nos habla de la interacción constante que tenían los diferentes grupos que habitaban la región y nos muestra que compartían al menos ciertas prácticas culturales, proceso que seguramente se fue enriqueciendo y fortaleciendo con el paso del tiempo. Por supuesto es difícil precisar el tipo de relación o interacción entre los diversos grupos, pero es evidente que hubo un grado de estandarización y especialización en las técnicas, en este caso de manufactura de los morteros, pero también se hace notar en la cerámica, donde la similitud en las técnicas, decoraciones, diseños, etc., son indudables.

En el caso de el Cópore se observó un trabajo más especializado, pues los morteros aparentemente son más duros o resistentes, rasgo que debe verificarse con estudios mecánicos, mismos que no se pudieron efectuar en esta ocasión debido a que para eso tendríamos que destruir ciertas muestras, lo cual no era factible. También en los aplanados se notan diferencias, pues se observan dos capas distintas de aplanado, uno más fino que el otro (aplanado y enlucido); el aplanado final con un grosor de aproximadamente 2mm y el resto con mediciones variables. Del mismo modo se detectaron diferencias en los morteros de terrado.

Por otra parte se hacen evidentes las variantes locales, pues el trabajo realizado en Plazuelas y Zaragoza es muy similar y se distingue del efectuado en Peralta, sitio perteneciente a un desarrollo completamente local. Como vimos en el apartado dedicado a la tradición, las variantes locales y el dinamismo tienen cabida perfectamente en una tradición, incluso se hacen necesarios para su pervivencia. Por ejemplo, en el caso de Plazuelas podemos observar una evolución o un perfeccionamiento en las técnicas y en otros trabajos como el de mampostería, lo cual nos habla de un dinamismo necesario en una tradición.



## REFLEXIONES FINALES

Los morteros que formaron parte de la arquitectura prehispánica son un componente esencial en su construcción, pues no sólo eran una protección o parte fundamental de los sistemas constructivos, sino que además de sus funciones estructurales, eran la parte visible a la sociedad y parte elemental de la totalidad del fenómeno arquitectónico que, en realidad, conocemos solo parcialmente.

También se debe recalcar que, al igual que en toda Mesoamérica, la Vertiente del Lerma Medio es parte de una tradición general en el uso de la arquitectura de tierra como parte de sus construcciones, sin embargo, el trabajo en la manufactura de los diferentes morteros puede variar de región en región. Recordemos el trato específico de los morteros manufacturados a base de cal, por ejemplo, en la zona maya. La búsqueda o identificación de una tradición tecnológica en la Vertiente del Lerma Medio fue el objetivo de este trabajo, aunque también se debe buscar más allá con el fin de seguir indagando la continuidad y presencia de esta tradición en otras regiones. Todos estos datos permitirán no sólo enriquecer la información para entender diferentes procesos sociales, sino para desarrollar técnicas de conservación adecuadas a cada lugar.

Gracias a las diversas excavaciones que se han realizado en la región en los últimos años, se han podido recuperar una serie de fragmentos de morteros que presentan diferentes morfologías con ciertas características específicas identificables a simple vista, sin embargo, durante la búsqueda de las muestras para este estudio se notó el uso indistinto, en muchas ocasiones, del término barajeque para cualquier tipo de mortero, lo que puede llevar a confusiones. Una excavación adecuada y con un registro exhaustivo llevará a entender los procesos de deposición de cada sitio para de esta manera entender y definir claramente la función o tipo de mortero encontrado y enriquecer así el hecho arquitectónico en su totalidad. Hemos visto a lo largo de este trabajo algunas de las funciones a que se destinaba cada mortero y sobre todo es importante exaltar la necesidad de una búsqueda de estos elementos durante los trabajos de excavación, siempre tener presente su existencia, su relevancia y sobre todo un registro preciso y adecuado para enriquecer su estudio.

Con esta investigación pudimos detectar la existencia de patrones en la manufactura de morteros que nos habla de una tradición en la región de estudio, y recalco, con variaciones locales, sin embargo, aún falta mucho trabajo por recorrer, pues estos estudios apenas comienzan y faltan muchos datos por investigar y correlacionar para completar poco a poco el conocimiento de las tecnologías relacionadas con esta importante práctica, por lo que este trabajo se deja abierto, al igual que las propuestas aquí señaladas. El tiempo asignado para esta tesis de maestría impidió seguir con las investigaciones, sin embargo, se estableció una línea que continuará en un futuro de diferentes

maneras, pues finalmente nuestro interés principal siempre es el conocimiento de nuestro patrimonio y su conservación, aspectos para los cuales este trabajo buscó ser una aportación.

En este sentido es importante recalcar la importancia de una investigación interdisciplinaria donde se trabaje en colaboración con arqueólogos, arquitectos, químicos, físicos, antropólogos, para lograr un entendimiento y explicaciones más certeras que una sola disciplina no podría abarcar completamente. Ese fue el objetivo de este trabajo, por lo que parte fundamental en la metodología incluyó no sólo la lectura del contexto arqueológico (cultural y natural) y el estudio mismo de los restos arquitectónicos, sino su estudio a partir de la contribución de otras disciplinas que indudablemente enriquecieron los resultados.

También se desprendieron una serie de cuestionamientos que permitirán a aquellos especialistas que se interesen en el tema seguir esta línea de investigación, continuando no sólo con el conocimiento de las técnicas de manufactura y tecnología en general, sino estudios más específicos de procesos de degradación, técnicas de conservación y, por supuesto, estudios que impliquen más cuestiones relacionadas con aspectos sociales, políticos, económicos, culturales, de las sociedades prehispánicas.

Este programa de Maestría en Restauración es sencillamente formidable para aquellos interesados en temas tan disímolos como materiales, arquitectura, historia, tecnología constructiva, adiciones, cultura, sociedad, todo lo cual se liga de distinta manera.

## APÉNDICES

### Muestras analizadas

PE=Peralta, ZA=Zaragoza, PL=Plazuelas, CO=Cóporo

Clave	Función	Clave	Función	Clave	Función
PEMO4	Posible terrado	ZAMO11	Aplanado exterior	PLMO21	Aplanado interior
PEMO5	Piso	ZAMO12	Aplanado	PLMO22	Aplanado interior
PEMO6	Bajareque-vara	ZAMO13	Bajareque-varas finas	PLMO23	Posible m. de nivelación
PEMO7	Aplanado interior	ZAMO14	Bajareque-morillo	PLMO24	Piso
PEMO8	Posible aplanado	ZASB36	Suelo blancuzco	PLMO25	Piso
PEMO9	Aplanado	ZASC37	Suelo oscuro	PLMO26	Aplanado
PESB34	Suelo blancuzco	ZAMO53	Aplanado exterior	PLMO27	Piso
PESC35	Suelo oscuro	ZAMO54	Aplanado exterior	PLMO28	Aplanado exterior
PEMO45	Bajareque-morillo y vara	ZAMO55	Piso	PLSB38	Suelo blancuzco
PEMO46	Bajareque- morillo	ZAMO56	Aplanado exterior	PLSC39	Suelo oscuro
PEMO47	Bajareque-vara	ZAMO57	Aplanado exterior	PLMO44	Posible m. de nivelación
PEMO48	Bajareque-vara	ZAMO58	Aplanado exterior	PLMO107	Aplanado
PEMO49	Sin identificar	ZAMO66	Aplanado	PLMO108	Mortero de unión
PEMO50	Sin identificar	ZAMO67	Posible aplanado	PLMO109	Bajareque-vara
PEMO51	Aplanado	ZAMO68	Posible aplanado	PLMO110	Posible terrado
PEMO52	Piso	ZAMO69	Sin identificar	PLMO111	Piso
PEMO65	Bajareque-petate	ZAMO72	Posible m. de nivelación	PLMO112	Piso
PEMO84	Mortero de unión	ZAMO74	Bajareque-varas finas	PLMO113	Bajareque-morillo
PEMO85	Piso	ZAMO75	Bajareque-varas	PLMO114	Sin identificar
PEMO86	Piso	ZAMO76	Bajareque- varas	PLMO115	Bajareque-varas
PEMO88	Piso	ZAMO77	Bajareque	PLMO116	Aplanado exterior
PEMO89	Aplanado	ZAMO78	Aplanado	PLMO117	Piso
PEMO90	Piso	ZAMO79	Piso	PLMO118	Sin identificar
PEMO91	Piso	ZAMO80	Piso	PLMO147	Posible m. de nivelación
PEMO93	Piso	ZAMO81	Piso	PLMO151	Sin identificar
PEMO94	Piso	ZAMO82	Piso	PLMO154	Posible m. de nivelación
PEMO95	Bajareque-petate	ZAMO83	Aplanado	COMO29	Aplanado
PEMO96	Posible terrado	ZAMO145	Posible m. de nivelación	COMO30	Aplanado interior
PEMO99	Posible terrado	ZAMO149	Posible m. de nivelación	COMO31	Piso
PEMO101	Posible terrado	PLMO15	Piso	COMO32	Terrado
PEMO102	Posible terrado	PLMO16	Aplanado interior	COMO33	Terrado
PEMO104	Piso	PLMO17	Posible m. de nivelación	COSC40	Suelo oscuro
PEMO105	Piso	PLMO18	Bajareque-petate	COSB41	Suelo blancuzco
PEMO106	Piso	PLMO19	Bajareque-petate		
ZAMO10	Bajareque-varas finas	PLMO20	Aplanado interior		

## Fluorescencia de Rayos X (FRX)

Cuadros con los resultados obtenidos:

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PXC	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
PEMO4	63.464	0.778	17.411	4.731	0.064	1.173	2.436	2.404	1.727	0.061	4.68	98.929
PEMO5	62.326	0.724	16.196	3.971	0.076	1.173	4.548	2.45	1.683	0.08	6.07	99.297
PEMO6	65.979	0.812	16.203	4.113	0.085	1.192	2.647	2.662	1.745	0.15	3.72	99.308
PEMO7	64.516	0.786	16.739	4.275	0.076	1.185	2.489	2.637	1.821	0.07	4.22	98.814
PEMO8	64.952	0.63	14.807	3.955	0.084	1.023	3.028	1.854	2.361	0.052	6.4	99.146
PEMO9	64.99	0.718	16.949	4.027	0.06	1.16	2.632	3.364	1.711	0.053	3.44	99.104
PEMO46	65.044	0.833	18.017	5.282	0.078	1.339	2.145	1.873	2.056	0.059	3.12	99.846
PEMO52	63.474	0.715	14.709	4.1	0.058	1.253	5.184	2.517	1.722	0.092	5.94	99.764
PEMO45	64.763	0.818	16.74	4.641	0.069	1.209	3.04	2.387	1.698	0.137	4.4	99.902
PESB34	59.046	0.734	15.872	5.332	0.095	1.494	5.404	2.23	2.386	0.171	6.72	99.484
PESC35	60.585	1.037	15.907	5.451	0.164	1.935	3.046	0.895	0.837	0.067	9.98	99.904

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Th	Pb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
PEMO4	63	253	759	26	190	8	64	52	15	27	97	57	8	18
PEMO5	70	278	481	24	183	7	76	52	13	19	90	68	6	20
PEMO6	61	246	746	22	179	6	54	68	14	20	97	68	6	17
PEMO7	71	246	436	24	194	7	71	59	14	18	91	74	9	17
PEMO8	91	131	521	30	175	10	55	43	12	17	95	91	9	23
PEMO9	66	297	442	22	187	7	82	78	12	16	90	66	7	16
PEMO46	76	146	469	26	138	0	95	87	16	24	18	93	10	15
PEMO52	66	404	578	24	243	0	82	51	11	16	14	63	8	11
PEMO45	56	195	1080	19	107	0	86	77	14	21	7	72	6	10
PESB34	104	353	440	42	306	0	87	30	13	16	21	92	15	15
PESC35	61	249	717	41	343	0	128	75	21	33	21	85	11	16

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PXC	TOTAL
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
PLMO 15	66.451	0.506	16.037	3.842	0.06	1.273	2.349	1.578	3.159	0.235	4.92	100.41
PLMO16	71.843	0.185	13.039	2.712	0.053	0.24	0.537	2.959	4.102	0.02	4.88	100.57
PLMO19	70.362	0.57	13.346	3.609	0.043	0.594	1.613	1.562	2.204	0.05	6.18	100.133
PLMO20	70.707	0.19	13.56	2.737	0.064	0.246	0.535	2.967	4.161	0.019	4.54	99.726
PLMO24	69.174	0.323	14.115	2.678	0.056	0.613	1.795	1.676	4.414	0.092	5.34	100.276
PLMO28	67.709	0.36	14.227	2.862	0.091	0.745	1.612	1.651	4.243	0.074	6.22	99.794
PLMO44	71.14	0.52	13.505	3.903	0.068	0.43	1.009	1.103	1.585	0.045	7.24	100.548
PLSB 38	68.964	0.325	15.583	2.28	0.068	0.881	2.233	1.925	3.641	0.163	4.52	100.583
PLSC 39	74.618	0.545	11.863	2.659	0.04	0.426	0.897	1.485	1.827	0.019	6.08	100.459

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Th	Pb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
PLMO15	90	247	749	26	208	0	53	55	11	14	18	87	9	15
PLMO16	191	21	115	61	336	0	14	23	7	9	13	152	26	21
PLMO19	56	62	417	30	121	0	53	51	10	15	20	71	10	14
PLMO20	204	23	135	64	369	0	38	15	6	9	7	163	28	22
PLMO24	132	119	518	44	216	0	27	18	7	13	11	81	19	17
PLMO28	92	70	587	27	89	0	53	49	9	17	6	74	7	17
PLMO44	94	112	343	50	342	0	65	41	13	15	22	91	17	21
PLSB38	63	434	1130	15	165	0	30	<2	6	8	9	60	9	18
PLSC39	88	162	406	60	418	0	47	59	9	14	25	80	21	20

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3t</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PXC	Total
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
ZAMO10	65.191	0.934	16.555	4.207	0.073	1.024	2.688	2.516	1.686	0.136	3.09	98.1
ZAMO11	67.189	0.422	14.82	3.425	0.066	0.792	2.124	3.226	2.325	0.122	4.89	99.401
ZAMO12	72.853	0.224	12.98	3.016	0.042	0.207	0.397	2.546	3.695	0.065	3.92	99.945
ZAMO13	65.319	0.817	15.808	4.235	0.079	1.013	2.7	2.196	2.133	0.189	4.52	99.009
ZAMO14	68.517	0.424	14.178	3.38	0.06	0.659	1.139	2.474	3.663	0.135	4.81	99.439
ZAMO53	71.617	0.264	13.457	3.009	0.053	0.538	1.231	2.727	4.16	0.058	3.44	100.554
ZAMO55	70.075	0.294	12.944	2.972	0.045	0.501	0.77	2.796	3.76	0.031	5.06	99.248
ZAMO56	70.31	0.303	13.284	3.006	0.071	0.471	0.855	2.888	3.551	0.047	5.72	100.506
ZASB36	70.164	0.165	11.911	1.107	0.053	0.333	3.365	1.989	4.8	0.13	6.52	100.537
ZASC37	58.214	1.299	17.961	6.712	0.13	1.393	2.631	1.637	1.063	0.078	9.46	100.578

	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Th	Pb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
ZAMO10	66	305	753	26	244	9	54	62	14	18	94	64	8	20
ZAMO11	87	154	485	28	204	13	34	21	10	13	89	99	9	24
ZAMO12	170	27	124	58	354	40	11	24	7	13	82	136	20	27
ZAMO13	75	288	868	29	221	10	37	65	13	20	89	70	8	21
ZAMO14	138	81	415	49	288	27	35	40	9	13	92	124	17	24
ZAMO53	224	94	210	80	519	0	22	19	6	9	10	145	28	26
ZAMO55	210	81	212	75	512	0	29	22	6	11	23	144	27	27
ZAMO 56	208	83	198	78	488	0	36	20	6	11	13	148	25	25
ZASB36	118	163	863	27	78	0	6	<2	<3	8	4	36	11	16
ZASC37	41	387	762	31	271	0	156	66	26	36	32	81	7	17

## Técnica de haces de iones (PIXE)

### Cuadros con los resultados obtenidos

Clave gener:	Función	Energy	Mg-Ka	Al-Ka	Si-Ka	P-Ka	S-Ka	Cl-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka
			1.254	1.487	1.74	2.013	2.307	2.622	3.313	3.691	4.509	5.895	6.399
PEMO86	Piso	05040054.OL	0.0060	0.1112	0.6344	0.0119	0	0	0.0598	0.0976	0.0104	0.0014	0.0672
PEMO5	Piso exterior	05040084.OL	0.0063	0.1149	0.6391	0.0122	0	0	0.0595	0.0889	0.0120	0.0007	0.0665
PEMO93	Piso exterior	05040544.OL	0.0073	0.1144	0.6467	0.0061	0	0	0.0594	0.0682	0.0145	0.0010	0.0824
PEMO52	Piso	05040104.OL	0.0072	0.1040	0.6515	0.0133	0	0	0.0592	0.0856	0.0122	0.0005	0.0665
PEMO7	Aplanado int	05040644.OL	0.0036	0.1121	0.6576	0.0051	0	0	0.0695	0.0657	0.0115	0.0002	0.0747
PEMO8	Aplanado int	05040074.OL	0.0070	0.0994	0.6679	0.0108	0	0	0.1050	0.0455	0.0089	0.0010	0.0545
PEMO51	Aplanado	05040554.OL	0.0078	0.1330	0.6283	0.0062	0	0	0.0526	0.0737	0.0124	0.0006	0.0854
PEMO9	Aplanado	05040564.OL	0.0073	0.1168	0.6550	0.0066	0	0	0.0576	0.0769	0.0127	0.0006	0.0664
PEMO89	Aplanado	05040324.OL	0.0067	0.1096	0.6589	0.0109	0	0	0.0604	0.0622	0.0182	0.0004	0.0728
PEMO46	Con huella d	05040134.OL	0.0074	0.1070	0.6173	0.0113	0	0	0.0740	0.1093	0.0094	0.0010	0.0633
PEMO48	Bajareque-p	05040094.OL	0.0078	0.1195	0.6416	0.0121	0	0	0.0593	0.0742	0.0120	0.0014	0.0721
PEMO47	Bajareque-p	05040514.OL	0.0076	0.1192	0.6425	0.0071	0	0	0.0601	0.0805	0.0105	0.0012	0.0713
PEMO95	Bajareque cc	05040494.OL	0.0071	0.1184	0.6298	0.0079	0	0	0.0680	0.0939	0.0105	0.0006	0.0638
PEMO45	Bajareque cc	05040344.OL	0.0065	0.1169	0.6357	0.0112	0	0	0.0550	0.0891	0.0122	0.0004	0.0729
PEMO65	Con huella d	05040064.OL	0.0072	0.1167	0.6460	0.0106	0	0	0.0630	0.0805	0.0157	0.0011	0.0592
PESB34	Suelo	05040114.OL	0.0110	0.1235	0.6102	0.0125	0	0	0.0293	0.0914	0.0208	0.0030	0.0984
PESC35	Suelo	05040144.OL	0.0043	0.1036	0.7120	0.0137	0	0	0.1066	0.0182	0.0041	0.0006	0.0368
PEMO84	Posible cem	05040044.OL	0.0063	0.1178	0.6446	0.0121	0	0	0.0673	0.0677	0.0135	0.0007	0.0701
PEMO150	Piso o apla	05040534.OL	0.0070	0.1208	0.6445	0.0066	0	0	0.0616	0.0740	0.0156	0.0008	0.0692
PEMO146	Base de apla	05040124.OL	0.0096	0.1201	0.5892	0.0115	0	0	0.0722	0.0782	0.0143	0.0023	0.1026
PEMO102	Posible terra	05040314.OL	0.0061	0.1269	0.6312	0.0099	0	0	0.0547	0.0832	0.0127	0.0008	0.0745

	Cr-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Fe-Kb	Cu-Ka	Zn-Ka	Zn-Kb	Ga-Ka	Br-Ka	Rb-Ka	Rb-Kb	Sr-Ka	Sr-Kb	Zr-Ka	Zr-Kb	Nb-Ka	Nb-Kb	GR01	GR02
	5.412	5.895	6.399	7.059	8.048	8.639	9.572	9.252	11.92	13.395	14.958	14.165	15.832	15.775	17.663	16.615	18.617	10.55	12.65
PEMO84	0	3621	269834	72025	0	923	214	0	0	386	127	1384	757	2041	471	0	0	99	80
PEMO86	0	2785	144706	38464	0	406	77	0	0	240	57	764	234	223	61	0	0	65	56
PEMO65	0	1799	139165	36773	0	495	103	0	0	253	44	1018	274	499	136	0	0	0	50
PEMO8	0	3063	156963	41435	219	1150	265	0	0	544	199	509	191	574	78	0	0	111	78
PEMO5	0	2624	190948	51165	0	689	148	0	0	259	52	1073	384	159	36	0	0	0	54
PEMO48	0	4065	233521	61367	0	771	209	0	0	325	78	1343	380	163	78	0	0	82	120
PEMO52	0	3028	242684	64185	0	798	126	0	0	323	57	1402	335	396	90	0	0	113	111
PESB34	0	6671	293712	77194	0	876	179	0	0	232	50	760	311	726	141	0	0	48	148
PEMO56	0	6264	295212	78207	0	1088	251	0	0	446	61	1080	221	560	84	0	0	50	172
PEMO146	0	3300	192933	51557	0	893	199	0	0	445	43	757	218	314	32	0	0	45	52
PESC35	0	3482	150604	40564	0	1722	377	0	0	854	316	106	287	640	182	0	0	148	64
PEMO102	0	4170	291943	77492	84	917	116	259	0	347	0	1586	558	176	55	0	0	47	126
PEMO89	0	2664	229709	61043	0	698	157	0	0	311	57	1071	344	310	80	0	0	52	82
PEMO45	0	3287	237028	63226	63	771	57	245	0	256	48	1532	438	410	96	0	0	59	126
PEMO95	0	2004	147219	39413	0	520	49	145	0	221	45	1172	321	766	134	0	0	47	69
PEMO47	0	1678	105623	27892	0	349	101	0	0	147	58	657	318	0	54	0	0	54	24
PEMO150	0	1462	82747	21992	137	227	0	0	0	83	27	487	133	178	0	0	0	0	0
PEMO93	0	2853	157905	41571	63	526	67	0	0	209	52	615	211	181	56	0	0	49	30
PEMO51	0	2042	170997	45286	0	506	79	0	0	199	0	709	0	312	0	0	0	44	87
PEMO9	0	2060	160722	42414	0	531	107	0	0	201	61	1098	329	210	42	0	0	0	35
PEMO7	0	3145	321952	84566	0	1160	136	346	0	452	67	1246	439	450	71	0	0	149	198

	Mg-Ka	Al-Ka	Si-Ka	P-Ka	S-Ka	Cl-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	
Energy	1.254	1.487	1.74	2.013	2.307	2.622	3.313	3.691	4.509	5.895	6.399	
PLMO22	0.0014	0.0906	0.6963	0.0064	0	0.0032	0.1348	0.0268	0.0022	0.0005	0.0377	1
PLMO21	0.0021	0.0915	0.6877	0.0097	0	0.0043	0.1363	0.0294	0.0026	0	0.0365	1
PLMO20	0.0023	0.0972	0.7014	0.0115	0	0.0044	0.1261	0.0100	0.0044	0.0006	0.0419	1
PLMO16	0.0027	0.0965	0.7114	0.0083	0	0.0023	0.1236	0.0090	0.0042	0.0009	0.0412	1
PLMO114	0.0020	0.0978	0.7293	0.0162	0	0	0.0556	0.0394	0.0070	0	0.0527	1
PLMO116	0	0.0958	0.7115	0.0087	0	0	0.1314	0.0073	0.0039	0.0003	0.0410	1
PLMO26	0.0043	0.0812	0.5667	0.0077	0	0.0037	0.1223	0.1745	0.0027	0	0.0368	1
PLMO28	0.0030	0.1016	0.6717	0.0048	0	0	0.1239	0.0466	0.0048	0.0007	0.0430	1
PLMO15	0.0044	0.1110	0.6429	0.0134	0	0	0.1069	0.0532	0.0065	0	0.0617	1
PLMO111	0.0038	0.0902	0.6952	0.0063	0	0	0.0832	0.0596	0.0041	0.0010	0.0566	1
PLMO24	0.0032	0.1033	0.6812	0.0041	0	0	0.1285	0.0329	0.0049	0.0007	0.0413	1
PLMO115	0.0049	0.1087	0.6717	0.0060	0	0	0.0606	0.0490	0.0101	0.0024	0.0867	1
PLMO113	0	0.1003	0.7160	0.0125	0	0	0.0760	0.0238	0.0089	0.0005	0.0621	1
PLMO19	0.0024	0.0918	0.7301	0.0062	0	0	0.0667	0.0411	0.0077	0.0003	0.0537	1
PLMO108	0.0045	0.0897	0.7565	0.0044	0	0	0.0608	0.0252	0.0069	0	0.0520	1
PLMO147	0.0018	0.0978	0.7237	0.0116	0	0	0.0536	0.0327	0.0084	0.0004	0.0699	1
PLMO44	0.0018	0.1009	0.7391	0.0084	0	0	0.0553	0.0297	0.0083	0.0004	0.0560	1
PLMO151	0.0034	0.1097	0.6681	0.0162	0	0	0.1097	0.0330	0.0072	0.0005	0.0522	1
PLMO154	0.0041	0.0869	0.6195	0.0080	0	0.0035	0.1336	0.1076	0.0026	0	0.0343	1
PLSC39	0	0.0897	0.7816	0.0116	0	0	0.0540	0.0144	0.0098	0	0.0390	1
PLSB38	0.0036	0.1077	0.6749	0.0067	0	0	0.1113	0.0536	0.0046	0.0007	0.0369	1
PLMO20-Interior color blanco (1)	0.0037	0.1024	0.7052	0.0035	0	0	0.1226	0.0210	0.0038	0.0006	0.0373	1
PLMO20-Superficie color negro (2)	0.0025	0.1274	0.6038	0.0043	0	0	0.0438	0.0329	0.0116	0.0764	0.0973	1
PLMO114-Capa blanca (3)	0.0066	0.0863	0.5807	0.0111	0.0025	0	0.1268	0.1331	0.0056	0.0008	0.0466	1
PLMO114-Otra superficie (4)	0.0054	0.0977	0.6267	0.0051	0.0026	0	0.1126	0.0854	0.0077	0.0008	0.0559	1
PLMO114-Sección interior (5)	0.0038	0.1059	0.7129	0.0037	0.0141	0	0.0566	0.0498	0.0063	0.0003	0.0467	1
PLMO114-parte oscura (6)	0.0051	0.1114	0.6526	0.0055	0.0051	0	0.0901	0.0485	0.0085	0.0007	0.0724	1
PLMO118-parte oscura (1)	0.0040	0.0372	0.2674	0.0276	0.0455	0.0075	0.0469	0.5459	0.0013	0	0.0167	1
PLMO118-parte oscura (2)	0.0031	0.0552	0.3843	0.0078	0.0304	0	0.0496	0.4475	0.0007	0	0.0214	1
PLMO118-Parte blanca interna (4)	0.0063	0.0852	0.6597	0.0044	0	0	0.0790	0.1159	0.0064	0	0.0431	1
PLMO118-parte interna gris (6)	0.0047	0.1053	0.7427	0.0051	0	0	0.0457	0.0319	0.0115	0.0005	0.0526	1

	Cr-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Fe-Kb	Cu-Ka	Zn-Ka	Zn-Kb	Ga-Ka	Br-Ka	Rb-Ka	Rb-Kb	Sr-Ka	Sr-Kb	Zr-Ka	Zr-Kb	Nb-Ka	Nb-Kb	GR01	GR02
Energy	5.412	5.895	6.399	7.059	8.048	8.639	9.572	9.252	11.92	13.4	14.96	14.17	15.83	15.78	17.66	16.615	18.617	10.6	12.65
PLMO116	0	4176	2E+05	55172	0	2684	593	0	0	1327	615	83	252	1620	313	0	0	184	154
PLMO21	0	2599	1E+05	35186	0	1836	404	0	0	970	400	92	374	930	283	0	0	92	101
PLMO20	0	2455	1E+05	34662	0	1693	329	0	0	731	302	108	200	893	231	0	0	57	54
PLMO151	965	6119	3E+05	85015	0	1792	299	349	0	893	274	1175	577	870	218	0	0	123	258
PLMO114	898	3414	3E+05	67671	84	974	169	254	0	431	189	1125	438	1060	342	0	0	157	137
PLMO15	807	4026	3E+05	77760	0	1488	240	318	0	595	190	1234	578	843	213	0	0	138	240
PLSC39	0	2947	2E+05	51128	100	1124	156	253	0	409	225	649	252	1101	207	0	0	81	95
PLMO113	0	5088	3E+05	87017	0	1478	258	351	0	491	204	914	596	972	230	0	0	148	250
PLMO147	0	4479	3E+05	85613	102	1229	180	247	0	466	145	675	276	1049	202	0	0	78	237
PLMO44	0	4166	2E+05	58785	0	1068	127	263	0	397	165	409	0	1268	246	0	0	89	95
PLMO154	0	2457	1E+05	30324	0	483	61	171	0	423	93	613	0	504	52	0	0	70	82
PLMO26	0	2949	2E+05	41340	0	773	0	196	0	429	141	1053	309	313	70	0	0	47	0
PLMO24	0	3168	2E+05	41080	0	886	101	222	0	615	247	354	232	454	104	0	0	111	65
PLMO28	0	3115	1E+05	38981	0	695	127	237	0	459	105	367	174	318	62	0	0	59	0
PLMO19	601	2610	2E+05	55951	-20	848	82	192	0	337	183	720	210	797	173	0	0	70	75
PLMO16	0	3289	2E+05	44771	0	2144	317	332	0	1014	416	36	279	1125	258	147	0	176	100
PLSB38	0	3384	1E+05	36528	0	721	133	221	0	354	60	1865	438	400	106	0	0	100	0
PLMO115	0	6825	3E+05	77073	0	1272	277	0	0	449	123	713	337	716	150	0	0	59	162
PLMO111	0	1694	80255	21176	0	471	59	0	0	243	93	433	0	584	123	0	0	46	0
PLMO108	0	567	55638	14512	0	336	72	0	0	146	89	154	0	369	65	0	0	26	0
PLMO22	0	2722	2E+05	44752	31	2300	380	482	0	1170	428	83	392	1153	260	158	0	128	80
PLMO20-Interior color blanco (1)	0	2875	2E+05	40873	71	1629	277	285	0	842	284	512	253	983	211	60	0	127	0
PLMO20-Superficie color negro (2)	0	197089	5E+05	1E+05	0	2020	334	439	0	561	381	477	498	1498	372	0	0	626	369
PLMO114-Capa blanca (3)	0	9958	4E+05	1E+05	216	1096	0	511	0	1275	541	6333	1381	2194	463	0	0	0	78
PLMO114-Otra superficie (4)	0	8469	5E+05	1E+05	0	2504	350	621	0	1848	534	3215	1202	1888	519	0	0	180	68
PLMO114-Sección interior (5)	0	2705	3E+05	73552	223	1777	344	383	0	567	313	891	852	1264	321	0	0	81	0
PLMO114-parte oscura (6)	0	5593	4E+05	1E+05	125	2690	405	423	0	1018	367	1230	686	1230	297	0	0	158	167
PLMO118-parte oscura (1)	0	927	34242	8723	104	492	62	0	330	152	34	2075	528	0	70	0	0	0	0
PLMO118-parte oscura (2)	0	939	35005	8684	44	496	51	0	364	145	47	824	204	125	32	0	0	0	0
PLMO118-Parte blanca interna (4)	265	1472	98279	26103	0	709	146	0	0	312	124	317	271	349	119	0	0	60	27
PLMO118-parte interna gris (6)	0	1694	1E+05	31696	0	520	75	0	0	225	115	316	0	716	124	0	0	42	0

	Mg-Ka	Al-Ka	Si-Ka	P-Ka	S-Ka	Cl-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	
	1.254	1.487	1.74	2.013	2.307	2.622	3.313	3.691	4.509	5.895	6.399	
ZAMO80	0.0039	0.0855	0.7177	0.0067	0	0.0028	0.1248	0.0152	0.0026	0.0007	0.0401	1
ZAMO81	0	0.0943	0.7248	0.0067	0	0	0.1084	0.0124	0.0048	0.0003	0.0483	1
ZAMO79	0.0032	0.1019	0.6827	0.0092	0	0	0.0877	0.0581	0.0058	0.0004	0.0511	1
ZAMO55	0.0032	0.0982	0.6988	0.0080	0	0.0037	0.1094	0.0187	0.0065	0.0008	0.0528	1
ZAMO78	0.0037	0.0965	0.7115	0.0067	0	0	0.0969	0.0219	0.0064	0.0005	0.0560	1
ZAMO72	0	0.0881	0.7235	0.0095	0	0	0.1214	0.0098	0.0048	0.0002	0.0428	1
ZAMO67	0.0021	0.0889	0.6840	0.0133	0	0.0038	0.1451	0.0166	0.0041	0.0004	0.0417	1
ZAMO11	0.0024	0.0981	0.6983	0.0150	0	0	0.0948	0.0350	0.0057	0.0006	0.0502	1
ZAMO56	0.0020	0.0956	0.7068	0.0099	0	0.0023	0.1194	0.0138	0.0043	0.0003	0.0455	1
ZAMO53	0.0032	0.0937	0.7044	0.0073	0	0.0030	0.1192	0.0174	0.0034	0.0009	0.0477	1
ZAMO10	0.0064	0.1197	0.6452	0.0064	0	0	0.0555	0.0850	0.0129	0.0012	0.0677	1
ZAMO14	0.0073	0.1102	0.6461	0.0075	0	0	0.0862	0.0613	0.0127	0.0011	0.0677	1
ZAMO75	0.0056	0.1082	0.6636	0.0088	0	0	0.0692	0.0754	0.0115	0.0008	0.0570	1
ZAMO77	0.0036	0.1153	0.6389	0.0145	0	0	0.0673	0.0878	0.0094	0.0006	0.0627	1
ZAMO145	0.0045	0.1061	0.6789	0.0065	0	0	0.0983	0.0400	0.0072	0.0008	0.0575	1
ZASB36	0.0020	0.0529	0.4197	0.0067	0	0	0.0881	0.4186	0.0007	0	0.0113	1
ZASC37	0.0066	0.1314	0.5846	0.0067	0.0026	0	0.0384	0.0825	0.0252	0.0023	0.1196	1

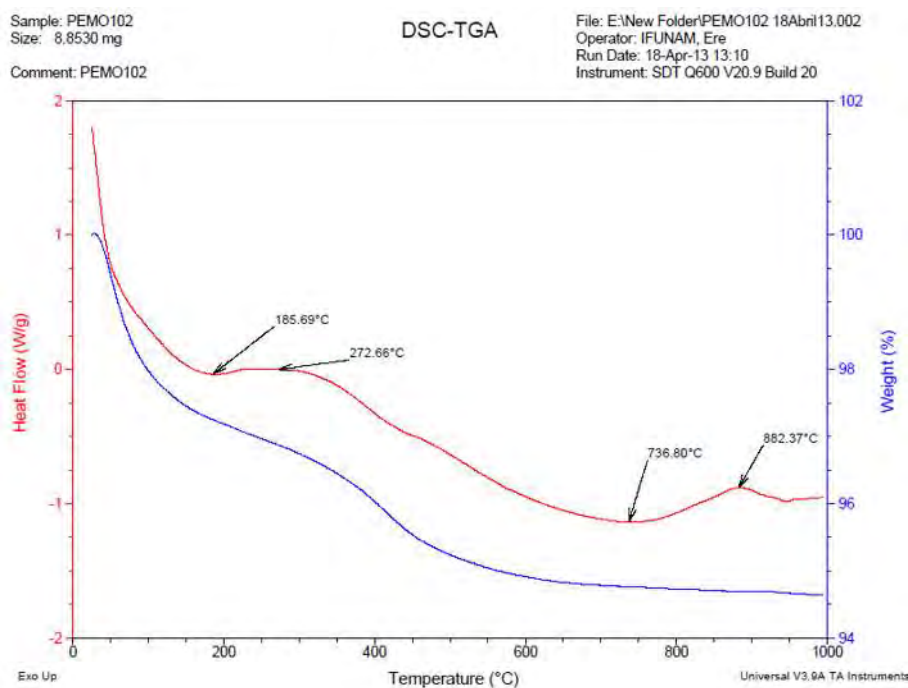
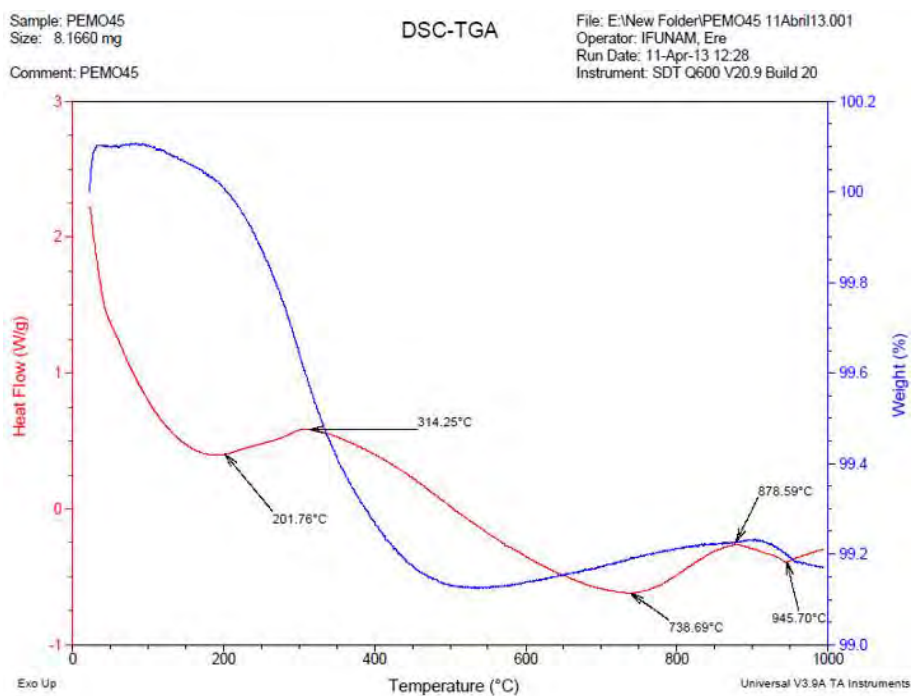
	Cr-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Fe-Kb	Cu-Ka	Zn-Ka	Zn-Kb	Ga-Ka	Br-Ka	Rb-Ka	Rb-Kb	Sr-Ka	Sr-Kb	Zr-Ka	Zr-Kb	Nb-Ka	Nb-Kb	GR01	GR02
Energy	5.412	5.895	6.399	7.059	8.048	8.639	9.572	9.252	11.924	13.395	14.958	14.165	15.832	15.775	17.663	16.615	18.617	10.55	12.65
ZAMO72	1112	4103	225893	61051	0	2349	393	430	0	1241	534	283	427	1574	363	281	47	136	161
ZAMO67	1190	4787	248965	66820	0	2903	559	645	0	1483	657	511	425	1684	479	285	0	223	221
ZAMO77	833	5219	292163	78331	94	1027	174	319	0	440	73	2059	542	379	80	0	0	120	210
ZAMO11	0	4289	248211	66548	0	1875	337	389	0	911	249	782	392	989	249	0	0	105	183
ZAMO79	0	3967	220258	58474	0	1367	196	316	0	566	167	1095	415	637	177	0	0	81	86
ZAMO56	0	3575	212435	56705	0	2368	490	433	0	1204	455	216	347	1239	270	100	0	89	133
ZAMO81	0	3504	216130	56981	5	2217	439	399	0	1006	393	250	171	1298	337	245	0	166	128
ZAMO55	0	3685	215958	57655	113	1879	302	483	0	886	321	323	394	1027	240	121	0	122	93
ZASB36	0	2272	50233	13282	96	462	82	0	213	324	76	1033	264	132	48	0	0	79	0
ZASC37	0	7454	398205	106003	123	875	87	290	0	270	123	1684	752	572	321	0	0	104	350
ZAMO53	0	3262	183784	48519	67	2092	338	323	0	1029	359	228	0	1489	258	144	0	88	89
ZAMO78	0	3146	251760	66959	0	2063	346	420	0	1008	351	373	312	1160	332	159	0	151	134
ZAMO75	0	2581	167146	44231	0	689	0	205	0	320	63	1278	436	591	175	0	0	63	39
ZAMO10	0	724	58372	15369	0	174	13	77	0	77	0	404	136	67	9	0	0	0	11
ZAMO14	0	660	46618	12169	0	169	0	0	0	92	25	218	49	97	11	0	0	8	0
ZAMO145	0	2579	190004	50280	0	1263	179	197	0	533	150	658	348	491	95	0	0	88	51
ZAMO80	0	1615	99915	26416	0	1306	262	0	0	646	261	166	148	698	133	56	0	118	30

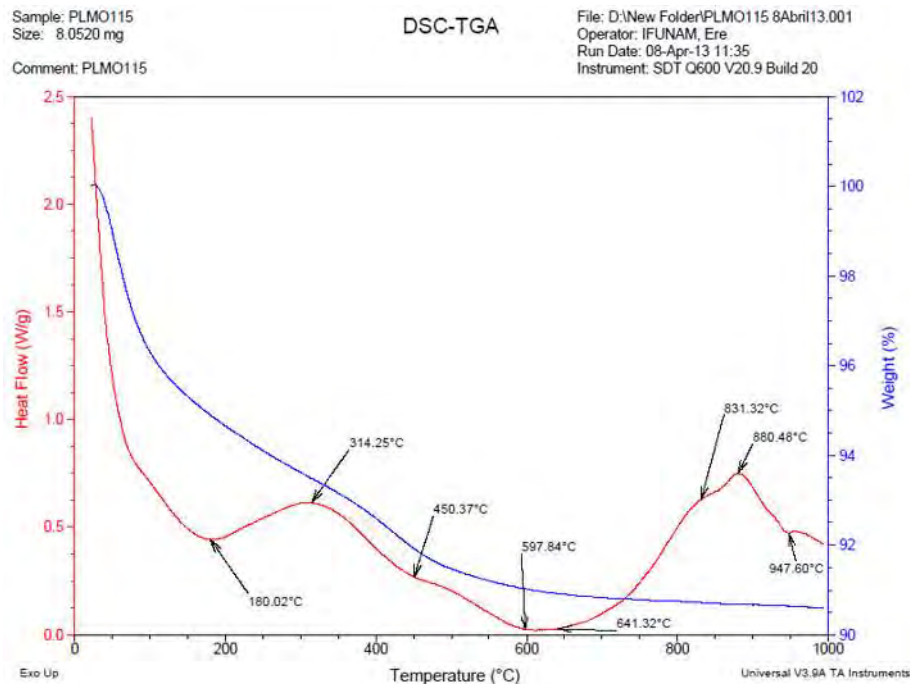
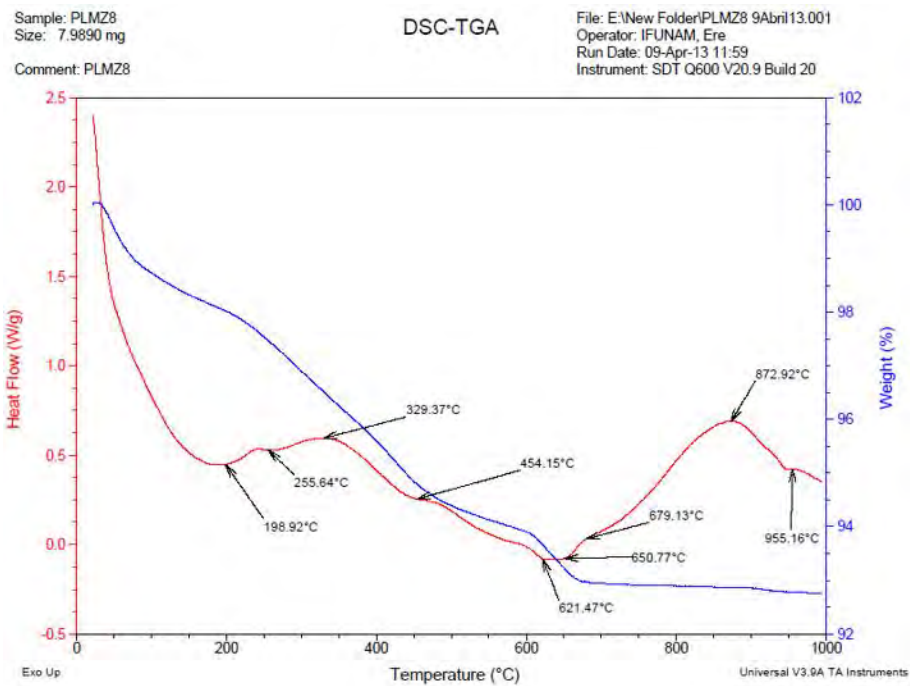
	Mg-Ka	Al-Ka	Si-Ka	P-Ka	S-Ka	Cl-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	
Energy	1.254	1.487	1.74	2.013	2.307	2.622	3.313	3.691	4.509	5.895	6.399	
COMO31	0	0.0893	0.7623	0.0083	0	0	0.0941	0.0055	0.0055	0.0004	0.0345	1
COMO30	0.0016	0.0869	0.7548	0.0056	0	0	0.0912	0.0104	0.0046	0.0006	0.0444	1
COMO32	0.0010	0.0831	0.7766	0.0074	0	0	0.0952	0.0055	0.0042	0.0003	0.0267	1
COSC40	0.0019	0.0915	0.7622	0.0063	0	0	0.0919	0.0084	0.0039	0.0006	0.0333	1
COSB41	0	0.1028	0.7360	0.0055	0	0	0.1048	0.0057	0.0045	0.0007	0.0400	1
COMO30-superficie color claro (1)	0.0021	0.0930	0.7044	0.0074	0	0	0.0931	0.0558	0.0039	0.0014	0.0388	1
COMO30-Aplanado (2)	0.0017	0.0897	0.7469	0.0078	0	0	0.0956	0.0129	0.0061	0.0006	0.0387	1
COMO30-Interior (3)	0.0019	0.0967	0.7572	0.0031	0	0	0.0792	0.0199	0.0057	0.0002	0.0361	1
COMO29-superficie color rojo (1)	0.0024	0.1149	0.6001	0.0059	0	0	0.0932	0.0104	0.0121	0.0003	0.1607	1
COMO29-Aplanado (2)	0.0022	0.0929	0.7621	0.0065	0	0	0.0745	0.0139	0.0052	0.0010	0.0418	1
COMO29-Interior (3)	0.0018	0.0951	0.7856	0.0054	0	0	0.0605	0.0086	0.0056	0.0013	0.0362	1

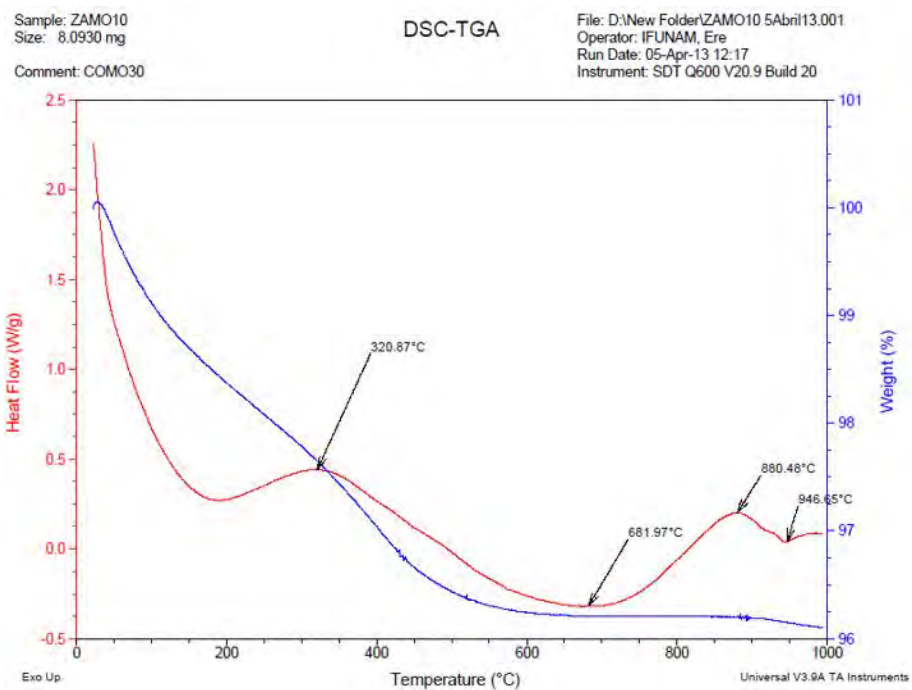
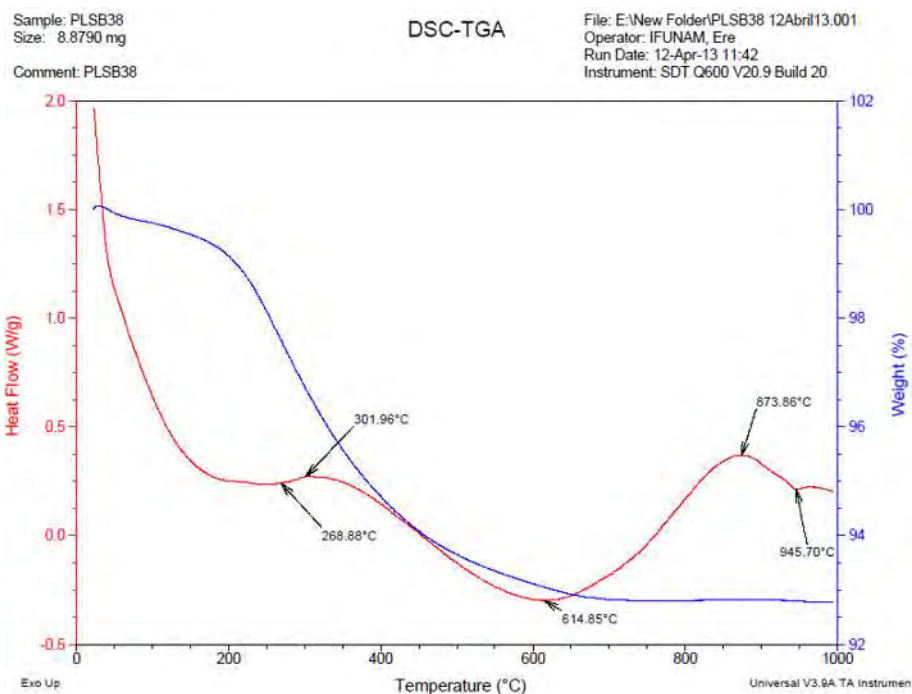
	Cr-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Fe-Kb	Cu-Ka	Zn-Ka	Zn-Kb	Ga-Ka	Br-Ka	Rb-Ka	Rb-Kb	Sr-Ka	Sr-Kb	Zr-Ka	Zr-Kb	Nb-Ka	Nb-Kb	GR01	GR02
Energy	5.412	5.895	6.399	7.059	8.048	8.639	9.572	9.252	11.924	13.395	14.958	14.165	15.832	15.775	17.663	16.615	18.617	10.55	12.65
COMO31	0	3340	162725	42544	54	837	170	265	0	904	195	182	269	1224	250	0	0	165	75
COSC40	0	2734	114787	30354	10	863	119	214	0	606	189	108	84	520	121	69	0	82	39
COMO30	0	1548	96713	25458	60	346	39	147	0	313	57	74	124	410	48	0	0	79	0
COSB41	0	3223	172374	45174	62	1920	339	421	0	857	288	62	234	839	170	0	0	129	66
COMO32	0	1472	83752	22073	153	509	118	0	0	448	153	85	0	1347	266	0	0	113	59
COMO30-superficie color claro (1)	0	6823	197897	53334	165	1398	146	329	0	926	329	307	180	1372	211	0	0	189	108
COMO30-Aplanado (2)	0	3710	208072	56025	190	1319	234	375	0	937	305	338	158	1866	378	117	0	272	45
COMO30-Interior (3)	0	1762	144846	38958	0	581	0	221	0	615	165	270	196	775	200	0	0	168	57
COMO29-superficie color rojo (1)	0	4892	770363	198673	253	1570	258	509	221	816	236	190	1023	545	138	0	0	737	542
COMO29-Aplanado (2)	0	4951	218111	57889	138	1768	269	407	0	833	293	207	378	1435	285	86	0	213	57
COMO29-Interior (3)	0	7328	293050	78235	109	1966	260	366	125	929	409	217	359	1151	209	94	0	308	156

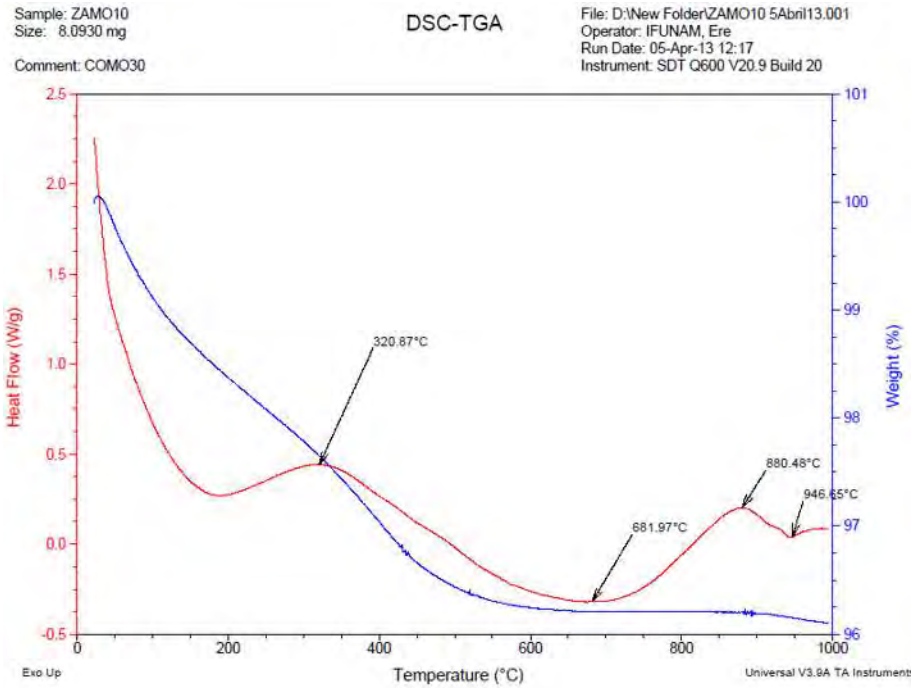
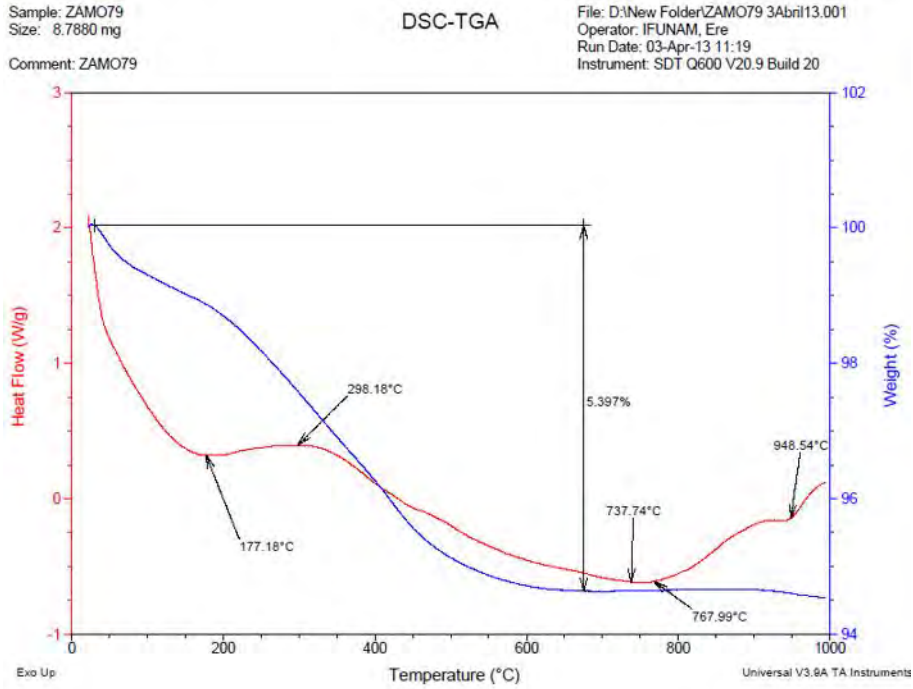
## Análisis térmico

Espectros obtenidos:









## BIBLIOGRAFÍA

Abrams, Elliot M., John Parhamovich, Jared A. Butcher Jr., Bruce McCord, “Chemical composition of architectural plaster at the Classic Maya kingdom of Piedras Negras, Guatemala”, en *Journal of Archaeological Science*, Núm. 39, 2012, pp. 1648-1654.

Acosta, Jorge, “El Palacio del Quetzalpapalotl”, México, INAH, 1964.

Acuña, René (ed.), *Relaciones geográficas del siglo XVI: Michoacán*. Serie Antropológica 74, IIA, México, UNAM, 1987.

Aguayo, Ramiro, *El sistema de terraceo en el Cerro Peralta: Un ejemplo de la producción agrícola del Bajío prehispánico, estimación de producción de maíz y la capacidad de sustentación*, Tesis de Maestría, La Piedad, Michoacán, El Colegio de Michoacán, A.C., 2009.

Álvarez Pérez, Aurelio, Elia Mercedes Alonso Guzmán y J. Alberto Bedolla Arroyo, “El tapial y los morteros de cal en las construcciones históricas de Tiripetío (Morelia, México)”, en *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, Mecla no.11, 2009.

Arias Sandí, Marcelino y Miriam Hernández Reyna, “Interculturalismo y hermenéutica: de la tradición como pasado a la actualidad de la Tradición”, en: *Cuiculco*, vol. 17, núm. 48, e nero-junio, 2010, ENAH, México, pp. 69-85.

Báez Urincho, Fernando, “El Edificio 4, un Palacio en Tula Grande, el Aposento del Rey Tolteca”, en FAMSI, 2008.

Bedolla Arroyo, J. A., E. M. Alonso Guzmán, W. Martínez Molina, J.C. Rubio Ávalos, F.A. Velasco Ávalos, L. F. Guerrero Baca, J. Mendoza Jiménez y S. Le Borgne Le Gall, “Aditivos orgánicos en morteros de cal apagada en la edificación histórica”, en: *Ciencia Nicolaita* No. 51, Julio de 2009, pp. 153-166.

Beekman, Christopher, “Nuevos enfoques acerca de la tradición Teuchitlán. Investigaciones actuales en Llano Grande y Navajas, Jalisco”, en E. Williams, P. Weigand, L. López Mestas y D. García (eds.), *El Antiguo Occidente de México: Nuevas perspectivas sobre el pasado prehispánico*, Zamora, Mich., El Colegio de Michoacán, 2005, pp. 73-91.

Braniff, Beatriz, “El otro México. La Gran Chichimeca”, en Beatriz Braniff Cornejo (coord.), *Introducción a la Arqueología del Occidente de México*, Universidad de Colima/INAH, México, D.F., 2004, pp. 79-103.

Cárdenas García, Efraín, *Atlas arqueológico de fuentes de abastecimiento de Materias Primas. Atlas Arqueológico Nacional*. Mecanuscrito, 1987.

Cárdenas García, Efraín, “La tradición arquitectónica de los patios hundidos en la Vertiente del Lerma Medio”, en Eduardo Williams y Phil C. Weigand (eds.), *Las Cuencas del Occidente de México (época prehispánica)*, Zamora, Michoacán, COLMICH, 1996, pp. 157-183.

Cárdenas García, Efraín, *El Bajío en el Clásico. Análisis Regional y Organización Política*, Zamora, México, El Colegio de Michoacán, 1999.

Cárdenas García, Efraín, *Proyecto Cerro de los Chichimecas. Informe final 2002*. COLMICH, CONACYT, Gob. de Michoacán, INAH, Septiembre 2002.

Cárdenas García, Efraín, *Cerro de los Chichimecas, Michoacán. Arquitectura, Informe Complementario*, Mecanuscrito, 2002.

Cárdenas García, Efraín, “Método para el análisis espacial de sitios prehispánicos. Estudio de caso: el Bajío”, en *Palapa*, Vol. III, Núm. I, enero-junio, México, Universidad de Colima, 2008.

Cárdenas García, Efraín, *Significado histórico y prácticas culturales. Un análisis espacial de Peralta, Guanajuato*, Tesis de Doctorado en Arquitectura, UMSNH, 2011.

Carranza González, Eleazar, “Contribución al conocimiento de las plantas del género *Ipomea* L. (Convolvulaceae) en el Estado de Guanajuato, México, Fascículo complementario XVIII”, en *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, Pátzcuaro, Michoacán, Instituto de Ecología, A.C., 2001.

Castañeda, Carlos, Ana Ma. Crespo, J. Antonio Contreras, J. C. Saint-Charles, Trinidad Durán y Luz Ma. Flores, “Interpretación de la historia del asentamiento en Guanajuato,” en *Cuadernos de trabajo No 1, de primera reunión sobre sociedades prehispánicas en el Centro Occidente de México*, Centro Regional INAH-Qro., 1988, pp. 321-355.

Castañeda, Carlos y Jorge Quiroz, “Plazuelas y la tradición Bajío”, en Efraín Cárdenas (ed.), *Tradiciones arqueológicas*, Colegio de Michoacán-Gobierno del Estado de Michoacán, Zamora, Mich., 2004, pp. 139-159.

Castilleja, Aída, “Reseña: Arturo Argueta Villamar (2008), Los saberes p’urépecha. Los animales y el diálogo con la naturaleza”, en *Reseñas*, año 3. Núm. 5, septiembre, 2008, pp. 177-186.

Castro V., Antonio, *Historia de la construcción arquitectónica*, Barcelona, Quaderns d’Architectes 12, 1ª edición, 1995.

Chris Caple, *Reluctant witnesses to the past*, Routledge, New York, Taylor and Francis Group, 2006.

Cotler, Helena, “La Cuenca Lerma-Chapala: algunas ideas para un antiguo problema”, en *Gaceta Ecológica*, marzo-junio, número 071, México, DF, Instituto Nacional de Ecología, 2004, pp. 5-10.

Cotler, Helena y Ángel Prieto, “El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: el caso de la Cuenca Lerma-Chapala”, en *Estudios ambientales en cuencas*, s/f, pp. 63-74.

Daneels, Annick J.E., “Monumental Earthen Architecture at La Joya, Veracruz, México”, FAMSI, 2008, <http://www.famsi.org/reports/07021/>

Daneels, Annick y Luis Fernando Guerrero Baca, “Millenary Architecture in the Tropical Lowlands of Mexico”, en *APT Bulletin*, Vol. 42, No. 1, 2011, pp. 11-18.

DETENAL, Descripción de la leyenda de la carta edafológica DETENAL, México, D.F., s/f.

Espuna Mújica, José Adán, Víctor Manuel García Izaguirre, Rubén Salvador Roux Gutiérrez, Carlos Alberto Fuentes Pérez y Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez, “La arquitectura con tierra y su variabilidad de experiencias”, en *Construcción con tierra*, número 2, Tamaulipas, México, s/f, pp. 21-27

Fernández-Villanueva M., Eugenia, “Evidencias de una tradición mesoamericana en Zaragoza”, en Efraín Cárdenas García (ed.), *Tradiciones Arqueológicas*, Zamora, México, Colegio de Michoacán, A.C., 2004, pp. 291-306.

Fitchen, John, *Building construction before mechanization*, London England, The MIT Press, 1996.

Gamboa Carrera, Eduardo, “Paquimé y el mundo de la cultura Casas Grandes”, en *Arqueología Mexicana*, Vol. IX, Núm. 51, 2001, pp. 46-51.

Gómez Amador, Adolfo y Armando Alcántara Lomelí, “El lenguaje oral de la tradición constructiva de Colima”, en: *Palapa*, vol. III, núm. II, julio-diciembre, 2008, Universidad de Colima, México.

Goodall, R.A., J. Hall, H.G.M. Edwards, R.J. Sharer, R. Viel, P.M. Fredericks, “Raman microprobe analysis of stucco samples from the buildings of Maya Classic Copan”, en *Journal of Archaeological Science*, Núm. 34, 2007, pp. 666-673.

Guarás, Blanca, “Petrología de morteros en arqueología, Catedral de Santa María de Vitoria Gasteiz”, en *Arqueología de la Arquitectura*, Núm. 2, 2003, pp. 147-149.

Guerra Manzo, Enrique, “Norbert Elias y Fernando Braudel: Dos miradas sobre el tiempo”, en *Argumentos*, D.F., UAM Xochimilco, número especial 48-49, 2005,

Guerrero Baca, Luis Fernando, *Arquitectura de Tierra*, México, D.F., Colección CYAD, Universidad Autónoma Metropolitana, 1993.

Guerrero Baca, Luis Fernando, “La Pérdida de la arquitectura de adobe en México”, en *Heritage at Risk*, 2006/2007.

Guerrero Baca, Luis Fernando, “Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva”, en *Apuntes*, Vol. 20, núm. 2, 2007, pp. 182-201.

Guerrero Baca, Luis Fernando y Francisco Uviña Contreras, “Interpretación del patrimonio tradicional construido en tierra como factor de desarrollo”, en *Boletín GC: Gestión Cultural*. No 8: Interpretación del patrimonio cultural del Portal Iberoamericano de Gestión Cultural, junio de 2004.

Guevara Ferer, Fernando, “Los factores físico-geográficos”, Enrique Florescano (coord.), *Historia General de Michoacán, Volumen I*, Morelia, Michoacán, Instituto Michoacano de Cultura, 1989.

Guevara Ferer, Fernando, “Los factores bióticos o biológicos. La Vegetación”, Enrique Florescano (coord.), *Historia General de Michoacán, Volumen I*, Morelia, Michoacán, Instituto Michoacano de Cultura, 1989, pp. 37-40.

Güitrón, Alberto, “Modelación matemática en la construcción de consensos para la gestión integrada del agua en la cuenca Lerma-Chapala”, en Sergio Vargas y Eric Mollard (eds.), *Los retos del agua en la Cuenca Lerma-Chapala. Aportes para su estudio y discusión*, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2005, pp. 26-44.

Hernández, Celia, “Reseña de ‘La Naturaleza del Espacio’ de Santos, Milton”, en *Economía, Sociedad y Territorio*, julio-diciembre, vol. III, núm. 10, El Colegio Mexiquense, A.C., Toluca, México, 2001, pp. 379-385.

Herrejón Peredo, Carlos, “Tradición. Esbozo de algunos conceptos”, en: *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, núm. 59, Zamora, México, El Colegio de Michoacán, 1994, pp. 135-149.

Hurlbut, Cornelius S. y Cornelis Klein. *Manual de mineralogía de Dana*. Editorial Reverté, S.A., Tercera edición, Barcelona, 1991.

Labat, Jean-Noël, *Végétation du Nord-ouest du Michoacán, Mexique, Fascículo complementario VIII. Flora del Bajío y de regiones adyacentes*, Pátzcuaro, Michoacán, Instituto de Ecología A.C., 1995.

Lepetit, Bernard, “Espacio e historia. Homejane a Fernard Braudel”, en *Clío. Revista de la Facultad de Historia*, Culiacán, Universidad Autónoma de Sinaloa, Vol. 4, 18/19, 1995/1997.

Littman, Edwin R., “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Comalcalco, Part I”, en *American Antiquity*, Vol. 23, No. 2, 1957, pp. 135-140.

Littman, Edwin R., “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Comalcalco, Part II”, en *American Antiquity*, Vol. 23, No. 3, 1958, pp. 292-296.

Littman, Edwin R., “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Las Flores, Tampico”, en *American Antiquity*, Vol. 25, No. 1, 1959a, pp. 117-119.

Littman, Edwin R., “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Palenque, Chiapas”, en *American Antiquity*, Vol. 25, No. 2, 1959b, pp. 264-266.

Littman, Edwin R., “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: The Puuc Area”, en *American Antiquity*, Vol. 25, No. 3, 1960, pp. 407-412.

Littman, Edwin R., “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Floor Constructions at Uaxactun”, en *American Antiquity*, Vol. 28, No. 1, 1962, pp. 100-103.

Littman, Edwin R., “The Classification and Analysis of Ancient Calcareous Materials”, en *American Antiquity*, Vol. 31, No. 6, 1966, pp. 875-878.

Littman, Edwin R., “Patterns in Maya Floor Construction”, en *American Antiquity*, Vol. 32, No. 4, 1967, pp. 523-533.

Magaloni, Diana, *Metodología para el análisis de la técnica mural prehispánica: El Templo Rojo de Cacaxtla*, Colección Científica-INAH, 1994.

Magaloni, Diana, R. Newman, L. Baños, V. Castaño, R. Pancella y Y. Fruh, “An analysis of mayan painting techniques at Bonampak, Chiapas, Mexico”, en *Material Research Society Symposium Proc.*, Vol. 352, 1995, pp. 381-388.

Magaloni, Diana, R. Pancella, Y. Fruh, Jaqueline Cañetas y V. Castaño, “Studies on the mayan mortars technique”, en *Material Research Society Symposium Proc.*, Vol. 352, 1995, pp. 483-489.

Magaloni Kerpel, Diana, “La pintura mural y su conservación”, en *Arqueología Mexicana, Restauración y Arqueología*, Vol. XVIII, Número 108, 2011, pp. 33-37.

Mangino Tazzer, Alejandro, *Arquitectura Mesoamericana. Relaciones espaciales*. Editorial Trillas, México, 1996.

*Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos*. UMSNH. 123p.

Márquez Briceño, Boris, *Tecnología constructiva y conservación del patrimonio: Propuesta para la recuperación del Qhapaq Ñan*, Instituto Nacional de Cultura, sf.

Martínez, W., E. M. Alonso, J. C. Rubio, J.A. Bedolla, F.A. Velasco y A.A. Torres, “Comportamiento mecánico de morteros de cal apagada artesanalmente, adicionados con mucilago de cactácea y ceniza volcánica, para su uso en restauración y conservación de monumentos coloniales.”, en *Revista de la Construcción*, vol. 7, núm. 2, Chile, 2008, pp. 93-101.

Michelet, Dominique, “La parte centro-norte de Michoacán”, en Enrique Florescano (coord.), *Historia General de Michoacán, Volumen I*, Morelia, Michoacán, Instituto Michoacano de Cultura, 1989.

Migeon, Gerald, Grégory Pereira y Dominique Michelet, “Transformaciones demográficas y culturales en el Centro-Norte de México en vísperas del Posclásico: los sitios del Cerro Barajas (suroeste de Guanajuato)”, en *XXVI Mesa Redonda de la SMA*, Zacatecas, 2000.

Mollard, Eric, Nicolás Gourhand y Elodie Sollicec, “La agricultura de riego: tipología, economía y regionalización”, en Sergio Vargas y Eric Mollard (eds.), *Los retos del agua en la Cuenca Lerma-Chapala. Aportes para su estudio y discusión*, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2005, pp. 63-101.

Morgain, Carlos R., “Pre-columbian architecture of Central Mexico”, en Robert Wauchope (ed.), *Archaeology of Northern Mesoamerica. Part One*, 1971, pp. 45-91.

Moya Rubio, Víctor José, *La vivienda indígena de México y del mundo*, México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, 3ª edición, 1988.

Murakami, T., Hodgins, G., Simon, A.W., “Characterization of Lime Carbonates in Plasters from Teotihuacan, Mexico: Preliminary Results of Cathodoluminescence and Carbon Isotope Analyses”, en *Journal of Archaeological Science*, 2012.

Nicolau Romero, Armando, *Los petroglifos del Cerro de los Chichimecas. Elementos para la documentación y análisis arqueológico de un sistema de comunicación gráfica rupestre*, Cd. de México, COLMICH, CONACYT, 2002.

Nicolau Romero, Armando, *Conservación de la arquitectura de tierra: Estudio de caso en el sitio arqueológico El Cópore*, Tesis de Maestría en Restauración de Sitios y Monumentos, Facultad de Arquitectura, Universidad de Guanajuato, 2008.

Ordóñez, Leonardo, “El desarrollo tecnológico en la historia”, en *Areté*, vol. 19, núm. 2, Lima, 2007.

Ortega, Ana, *Pintura mural mesoamericana*, México, 1997.

Ortega Chávez, Germán, “Teoría de las ciudades mesoamericanas”, en *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*, núm. 16, UNAM, México, 1992, pp. 3-11.

*Perfiles de suelos*, INEGI, Aguascalientes, Ags., 1998.

Priego Santander, Ángel, Horacio Morales Iglesias y Carlos Enríquez Guadarrama, “Paisajes físico-geográficos de la Cuenca Lerma-Chapala”, en *Gaceta Ecológica*, marzo-junio, número 071, Distrito Federal, México, Instituto Nacional de Ecología, 2004, pp. 11-22.

Quintanilla, Miguel Ángel, “Técnica y cultura”, en *Teorema*, Vol. XVII/3, 1998. Pp. 49-69.

Ramírez de Alba, H., R. Vera Noguez y M. Mejía López, “Materiales cementantes y concretos en las antiguas culturas americanas”, en *Ingeniería Revista Académica*, vol. 14, N úm. 1, enero-abril, (Redalyc), Universidad Autónoma de Yucatán, 2010, pp. 67-74.

Ramírez, Horacio, Ramiro Pérez y Heriberto Díaz, “El cemento y el concreto de los mayas”, en *Ciencia Ergo Sum*, noviembre, volumen 6, número 3, Toluca, México, Universidad Autónoma del Estado de México, 1999, pp. 275-284.

Rivera Villarreal, Raymundo, “El extraordinario concreto prehispánico. Parte III. El cálculo mineralógico aplicado a los monumentos antiguos”, en *Ciencia UANL*, año/vol. IV, número 001, enero-marzo, Monterrey, 2001a, pp. 12-19.

Rivera Villarreal, Raymundo, “El extraordinario concreto prehispánico. Parte IV. El cálculo mineralógico aplicado al concreto del techo del edificio «Y» de «El Tajín»”, en *Ciencia UANL*, año/vol. IV, número 002, abril-junio, Monterrey, México, 2001b, pp. 130-136.

Rodríguez Gordillo, José Francisco, “Morteros como elemento de estudio en arqueología-arqueometría medieval”, en *Arqueometría y arqueología Medieval*, Ed. Al-Baraka, Colección Nakla, Granada España, 2005, pp. 171-192.

Rzedowski, Jerzy, *Vegetación en México, México*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Primera edición digital, 2006.

Salamanca Correa, Rodrigo, “La tecnología de los morteros”, en *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, diciembre, número 011, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2001, pp. 41-48.

Sánchez del Río, Manuel, Constantino Reyes-Valerio, Michel Picquart, Emmanuel Haro-Poniatowski, Enrique Lima, Víctor Hugo Lara, Patricia Castillo, Humberto Vázquez, Víctor Hugo Uc, Sandra Páez, Sonia Menéndez Castro, Karen Mahé Lugo Romera, Pedro Bosch, Corina Solis, “Nuevas

investigaciones sobre el azul maya”, en Demetrio Mendoza Anaya, Jesús Arenas Alatorre, José Luis Ruvalcaba Sil, Ventura Rodríguez Lugo (eds.), *La ciencia de los materiales y su impacto en la arqueología*, vol. III, México, Innovación editorial lagares, 2006, pp. 11-20.

Santizo de Polanco, Miriam, *Arquitectura prehispánica, edificio 1B-6 y su sistema constructivo, Quirigua, Los Amates, Izabal*. Tesis de Maestría en Arquitectura, Guatemala, 2008.

*Síntesis Geográfica de Guanajuato*. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. 1980

Staines Cicero, “Pintura mural maya”, en *Revista Digital Universitaria*, vol. 5, número 7, 2004.

Sterpone, Osvaldo José, *Tollan a 65 años de Jorge R. Acosta*, Pachuca, Hidalgo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/INAH Hidalgo, Primera edición, 2007, 63pp.

Taboada, Constanza, “Propuesta metodológica para el análisis diacrónico de arquitectura prehispánica y la asignación de significado conductual discriminado. Aplicación en el Noroeste Argentino”, en *Anales del Museo de América*, núm. 13, 2005, pp. 137-172.

Taladoire, Eric, “El centro norte como frontera del Occidente”, en *Antropología e Historia del Occidente de México. XXIV Mesa Redonda SMA*, Tomo II, SMA, UNAM. México, 1998.

Torreblanca, Carlos, “El Cóporo, Ocampo. La arqueología del Tunal Grande”, en *Zonas Arqueológicas de Guanajuato. Cuatro Casos: Plazuelas, Cañada de la Virgen, Peralta y El Cóporo*, México, La Rana, Gobierno del Estado de Guanajuato, 2007, pp. 253-305.

Villaseñor, Isabel y Elizabeth Graham, “The use of volcanic materials for the manufacture of pozzolanic plasters in the Maya lowlands: a preliminary report”, en *Journal of Archaeological Science*, Núm. 37, 2010, pp. 1339-1347.

Viñuales, Graciela, “Tecnología y construcción con tierra”, en *Apuntes*, vol. 20, núm. 2, 2007, pp. 220-231.

Weigand, Phil, *Evolución de una civilización prehispánica. Arqueología de Jalisco, Nayarit y Zacatecas*, Zamora, México, El Colegio de Michoacán, 1993.

Weigand, Phil y Eduardo Williams, *Arqueología y etnohistoria. La Región del Lerma*, Zamora, Michoacán, El Colegio de Michoacán/Centro de Investigación en Matemáticas, 1999.

Zepeda, Gabriela, “Cañada de la Virgen, San Miguel de Allende. La Casa de los Trece Cielos y La Casa de la Noche más larga”, en Carlos Castañeda, Gabriela Zepeda, Efraín Cárdenas y Carlos Torreblanca, *Zonas arqueológicas en Guanajuato. Cuatro Casos: Plazuelas, Cañada de la Virgen, Peralta y El Cóporo*, Guanajuato, Editorial La Rana, 2007, pp. 71-182.

Zuccarino, César Rogelio, “El tecnologismo: la técnica como condición para la deshumanización”, en [http://comunicacion.idoneos.com/index.php/336369#Umberto\\_Eco](http://comunicacion.idoneos.com/index.php/336369#Umberto_Eco)

