



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ESTUDIOS
MESOAMERICANOS
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOLÓGICAS

HACER MEZCLAS DE CAL EN DZIBANCHÉ DURANTE EL CLÁSICO TEMPRANO: LA
TEMPORALIDAD Y LA FUNCIÓN ARQUITECTÓNICA COMO DETERMINANTES

TESIS
PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN ESTUDIOS MESOAMERICANOS

PRESENTA:
LUISA STRAULINO MAINOU

TUTORES
DR. SERGEY SEDOV
INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE LA UNAM

DRA. SANDRA BALANZARIO
CENTRO INAH QUINTANA ROO

MÉXICO, D.F. AGOSTO DEL 2015

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a las instituciones y personas que me brindaron su apoyo para llegar a buen puerto con esta tesis:

Centro INAH-Quintana Roo

Delegada. Adriana Velásquez Morelet
Administradora Silvia Pichardo Inchaurregui

Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich

Dra. Sandra Balanzario Granados

Instituto de Geología-UNAM

Dr. Sergey Sedov
Mtro. Jaime Díaz
Dra. Teresa Pi Puig

Instituto de Geofísica-UNAM

Dra. Ana María Soler Arechalde

Subdirección de laboratorios y apoyo académico-INAH

Mtro. Gerardo Villa

Maestría en Estudios Mesoamericanos-UNAM

Dra. Maria del Carmen Valverde
Myriam Fragoso
Elvia Castorena

Universidad Politécnica de Valencia

Dra. María Teresa Domenech Carbo
Dra. Laura Osete

Universidad de Valencia

Dra. María Luisa Vázquez de Agredos Pascual

Gracias además a Phd. Isabel Medina González (ENCRyM-INAH) por su constante apoyo.

Gracias a todos mis profesores de la maestría, con especial mención a Alfredo López Austin (Cosmovisión), Marié Fulbert (Literatura maya) y Lorena Pool Balam (Lengua maya) por haber leído, corregido y hecho sugerencias para mejorar el trabajo referente a la cal y su cosmovisión.

Por último, un especial agradecimiento a Diego Alcázar por la corrección de estilo de los apartados: La cal. Menciones en documentos históricos y etnográficos, Arqueología del sitio, Los estucos, Discusión de Resultados y Conclusiones.

A mi mamá
A mi papá
A mi hermana

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| Introducción..... | 15 |
| Definición del objeto de estudio..... | 15 |
| Planteamiento del Problema..... | 16 |
| Fundamentos teórico-metodológicos..... | 19 |
| Hipótesis..... | 19 |
| Objetivos..... | 19 |
| General..... | 19 |
| Particulares..... | 19 |
| Descripción de capítulos..... | 20 |
| Antecedentes sobre la investigación de estucos..... | 21 |
| Investigación general sobre la cal y sus derivados: morteros y estucos..... | 21 |
| Arqueometría de morteros, estucos y capas pictóricas en la zona maya..... | 23 |
| La cal. Menciones en documentos históricos y etnográficos..... | 25 |
| Fuentes..... | 27 |
| Técnica de manufactura de la cal entre los mayas (evidencias arqueológicas, documentos históricos y etnografía) | 28 |
| Obtención de la materia prima..... | 29 |
| Quema o calcinación..... | 30 |
| Transporte..... | 34 |
| Apagado o matado de la cal..... | 35 |
| Fraguado..... | 39 |
| Procesos de Construcción..... | 42 |
| Deterioro..... | 44 |
| Otros usos de la cal | 45 |
| Aparición de la cal, sus derivados o actividades relacionadas en otras fuentes literarias/históricas..... | 46 |
| Los indicios de la visión del mundo y los ritos en la producción de la cal y sus derivados. . | 48 |
| Reflexiones finales..... | 52 |
| Dzibanché..... | 54 |
| Caracterización de área de estudio..... | 54 |
| Arqueología del sitio..... | 61 |
| Pequeña Acrópolis..... | 65 |
| Plaza Pom..... | 66 |
| Estructura 2, Templo de los Cormoranes..... | 67 |
| Los Estucos..... | 69 |
| Pequeña Acrópolis..... | 69 |
| Observaciones macroscópicas de técnica de manufactura..... | 70 |
| Efectos de deterioro..... | 72 |
| Plaza Pom..... | 75 |
| Observaciones macroscópicas de técnica de manufactura..... | 76 |
| Efectos de deterioro..... | 77 |
| Edificio 2..... | 78 |
| Observaciones macroscópicas de técnica de manufactura..... | 79 |

| | |
|--|------------|
| Efectos de deterioro..... | 80 |
| Materiales y Técnicas de análisis..... | 85 |
| Muestras | 86 |
| Técnicas de análisis..... | 87 |
| Datación..... | 87 |
| Radiocarbono..... | 88 |
| Arqueomagnetismo..... | 89 |
| Componentes inorgánicos..... | 95 |
| Petrografía..... | 95 |
| Metodología de descripción de estratos para estucos..... | 96 |
| Proporción cementante/inclusiones por medio de análisis de imagen..... | 112 |
| Microscopía electrónica de barrido/Energía Dispersiva de Rayos X (EDS) | 114 |
| Difracción de rayos X..... | 117 |
| Componentes orgánicos..... | 119 |
| Cromatografía de gases/espectroscopia de masas | 119 |
| Resultados | 121 |
| Datación..... | 121 |
| Identificación de componentes inorgánicos..... | 124 |
| Análisis Petrográfico..... | 124 |
| Carbonatos..... | 125 |
| Carbonato de calcio..... | 125 |
| Cristales gruesos de carbonatos..... | 129 |
| Lublinita..... | 132 |
| Aragonita o su pseudomorfo de calcita..... | 133 |
| Minerales no carbonatados..... | 135 |
| Arcillas..... | 135 |
| Cuarzo policristalino, monocristalino y criptocristalino..... | 137 |
| Sulfato de calcio (yeso)..... | 138 |
| Hematita..... | 139 |
| Es specularita..... | 139 |
| Limonita..... | 140 |
| Paligorskita..... | 141 |
| Partículas conformadas por mezclas de minerales..... | 141 |
| Inclusiones heterogéneas..... | 141 |
| Partículas edáficas..... | 142 |
| Cerámica..... | 143 |
| Análisis con MEB-EDS..... | 144 |
| Muestra 6..... | 145 |
| Muestra 7..... | 150 |
| Muestra 8..... | 151 |
| Muestra 10..... | 152 |
| Análisis con DRX..... | 156 |
| Identificación de componentes orgánicos..... | 158 |
| Caracterización de la Técnica de manufactura de los Estucos..... | 166 |
| Pequeña Acrópolis..... | 166 |
| Plaza Pom | 182 |
| Proporciones entre cementante e inclusiones | 187 |
| Estructura 2, Templo de los Cormoranes..... | 187 |
| Proporciones entre cementante e inclusiones..... | 193 |

| | |
|---|-----|
| <i>Discusión de Resultados</i> | 194 |
| Sobre las inclusiones..... | 194 |
| Sobre las proporciones y la aplicación de color | 204 |
| Definición de tipos de estuco | 209 |
| Sobre la técnica de manufactura y la datación..... | 213 |
| Sobre los componentes orgánicos..... | 217 |
| Sobre el deterioro..... | 222 |
| Notas sobre los futuros procesos de conservación..... | 228 |
| <i>Conclusiones</i> | 231 |
| <i>Bibliografía</i> | 239 |
| <i>Anexos</i> | 265 |
| Anexo 1. datación arqueomagnética en las estructuras de Dzibanché..... | 265 |
| Anexo 2. Informe de Análisis de compuestos orgánicos en los estucos de Dzibanché..... | 270 |
| Anexo 3. Informe Difracción de Rayos X..... | 282 |
| Anexo 4. Base de datos | 288 |

Índice de ilustraciones

| | |
|---|-----------|
| <i>Ilustración 1: Detalle de Carta Geológica Minera Chetumal E16-4-7.....</i> | <i>56</i> |
| <i>Ilustración 2: Composición del Paisaje. Laja, sascab y material parental. Tomado y modificado de Guasch, 2009:19.....</i> | <i>58</i> |
| <i>Ilustración 3: Ubicación del sitio de Dzibanché en la Península de Yucatán.....</i> | <i>61</i> |
| <i>Ilustración 4: Grupo Principal. Edificios muestreados. Tomado y modificado de Nalda y Campaña, 1998:51.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Ilustración 5: Plano de Pequeña Acrópolis. Cortesía del Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Proporcionado por la Dra. Sandra Balanzario.....</i> | <i>66</i> |
| <i>Ilustración 6: Plano de Plaza Pom. Cortesía del Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Proporcionado por la Dra. Sandra Balanzario.....</i> | <i>67</i> |
| <i>Ilustración 7: Plano de Estructura 2, "Templo de los Cormoranes". Cortesía del Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Proporcionado por la Dra. Sandra Balanzario.....</i> | <i>69</i> |
| <i>Ilustración 8: Estucos en la Pequeña Acrópolis. Izquierda: repellado vano, centro:repellado interior, derecha arriba: repellados externos, derecha abajo: jambas. Fotografías: Luisa Straulino.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Ilustración 9: Repellado interior del edificio este, Pequeña Acrópolis. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Ilustración 10: Repellado posterior con pigmento naranja muy deteriorado. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Ilustración 11: Tepalcate reutilizado en estuco gris. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Ilustración 12: Estuco con capa pictórica reutilizado en repellado grueso. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Ilustración 13: Superficie rugosa y pulverulenta. Repellado del interior del edificio este, Pequeña Acrópolis: Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>73</i> |
| <i>Ilustración 14: Repellado con biofilm ocasionado por escurrimiento. Estuco interior del edificio central, Pequeña Acrópolis. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>73</i> |
| <i>Ilustración 15: Repellado donde se observa una sección donde había escurrimientos continuos de agua. Arriba, detalle de microorganismos; abajo, detalle de sales en superficie. Edificio norte, Pequeña Acrópolis. Fotografías: Luisa Straulino.....</i> | <i>74</i> |
| <i>Ilustración 16: Restos de estuco de Plaza Pom; arriba, restos in situ; derecha: algunos de los estucos del derrumbe. Dibujo: Daniel Salazar Lama. Plano: Plano de Plaza Pom. Cortesía del Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Fotografías: Luisa Straulino.....</i> | <i>76</i> |

| | |
|--|------------|
| <i>Ilustración 17: Sección transversal, pueden verse diversas capas de estuco que forman la figura. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>77</i> |
| <i>Ilustración 18: Detalle del estuco que permanece in situ. Puede observarse que está bien conservado aunque la policromía se ha desprendido en varios lugares. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>77</i> |
| <i>Ilustración 19: Detalle de estucos in situ. Se notan los resanes invadiendo parte del original. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>77</i> |
| <i>Ilustración 20: Relieve de estuco en la Estructura 2 antes de intervención. Dibujo:P.A. Eduardo Salvador, entintado Javier Romero. Cortesía Proyecto Arqueológico Dzibanché, 2009 . Plano tomado y modificado de Nalda y Balanzario 2008b. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>79</i> |
| <i>Ilustración 21: Trayecto de escurrimiento de agua en el basamento por colocación deficiente del techado.....</i> | <i>81</i> |
| <i>Ilustración 22: Sección húmeda con biofilm y karstificación.</i> | <i>82</i> |
| <i>Ilustración 23: Deterioro en forma de red por disolución y pulverización por sales.....</i> | <i>82</i> |
| <i>Ilustración 24: Lugar de muestreo para radiocarbono.....</i> | <i>89</i> |
| <i>Ilustración 25: Ubicación de muestras para datación arqueomagnética en la Pequeña Acrópolis.....</i> | <i>94</i> |
| <i>Ilustración 26: Ubicación de muestras para datación arqueomagnética en Estructura 2</i> | <i>94</i> |
| <i>Ilustración 27: Tabla visual de proporciones.....</i> | <i>112</i> |
| <i>Ilustración 28: Carbonatos micríticos. Clase 1. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>126</i> |
| <i>Ilustración 29: Carbonatos micríticos. Clase 1. Luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>126</i> |
| <i>Ilustración 30: Carbonatos micríticos. Clase 2. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>127</i> |
| <i>Ilustración 31: Carbonatos micríticos. Clase 2. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>127</i> |
| <i>Ilustración 32: Carbonatos micríticos. Clase 3. Luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>127</i> |
| <i>Ilustración 33: Carbonatos micríticos. Clase 4. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>128</i> |
| <i>Ilustración 34: Carbonatos micríticos. Clase 4. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>128</i> |
| <i>Ilustración 35: Carbonatos micríticos. Clase 5. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>129</i> |

| | |
|---|-----|
| <i>Ilustración 36: Carbonatos micríticos. Clase 6. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 129 |
| <i>Ilustración 37: Carbonatos de grano grueso. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 130 |
| <i>Ilustración 38: carbonatos de grano grueso. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 131 |
| <i>Ilustración 39: Carbonatos de grano grueso con hierro disperso. Nicoles cruzados y luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 131 |
| <i>Ilustración 40: Carbonato de grano grueso. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 131 |
| <i>Ilustración 41: Carbonato de grano grueso con figuras de ataque. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 132 |
| <i>Ilustración 42: Carbonatos. Poro relleno de lublinita . Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 133 |
| <i>Ilustración 43: Carbonatos. Lublinita desarrollada en la superficie. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 133 |
| <i>Ilustración 44: Carbonatos. Aragonita. Corte transversal de concha. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 134 |
| <i>Ilustración 45: Carbonatos. Aragonita. Corte longitudinal. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 134 |
| <i>Ilustración 46: Carbonatos. Aragonita. Conchas con ataque biológico. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 135 |
| <i>Ilustración 47: Carbonatos. Aragonita. Concha deteriorada con suelo adherido. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 135 |
| <i>Ilustración 48: Arcilla tipo 1:1. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 136 |
| <i>Ilustración 49: Arcilla tipo 2:1. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 136 |
| <i>Ilustración 50: Arcillas que contienen goethita. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 137 |
| <i>Ilustración 51: Pedernal. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 138 |
| <i>Ilustración 52: Pedernal. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 138 |
| <i>Ilustración 53: Sulfato de calcio. Yeso. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 139 |
| <i>Ilustración 54: Hematita. Luz reflejada y Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 139 |
| <i>Ilustración 55: Hematita especular. Luz reflejada y Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 140 |
| <i>Ilustración 56: Limonita. Luz reflejada y luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | 140 |

| | |
|---|------------|
| <i>Ilustración 57: Azul maya. Nicoles cruzados y luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>141</i> |
| <i>Ilustración 58: Inclusión heterogénea de cristales gruesos cementados por micrita. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>142</i> |
| <i>Ilustración 59: Estuco reutilizado. Luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>142</i> |
| <i>Ilustración 60: Partícula edáfica. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>143</i> |
| <i>Ilustración 61: Partículas edáfica. Nicoles cruzados y luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>143</i> |
| <i>Ilustración 62: Fragmento de cerámica. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>144</i> |
| <i>Ilustración 63: Fragmento de cerámica. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>144</i> |
| <i>Ilustración 64: Arriba, fotografía petrográfica de la muestra 6 con luz reflejada y Nicoles cruzados. Abajo, imagen de la muestra 6 con MEB. En la primera se observan tres capas pictóricas, una muy delgada anaranjada que está en el enlucido, una guinda muy gruesa con varias partículas y la última roja con pocas partículas. La segunda imagen presenta tres capas, pero la primera de abajo a arriba y de izquierda a derecha son el repellido medio, el enlucido con la capa pictórica que en la anterior se ve anaranjada, y la tercera corresponde a la capa guinda. La capa roja se ha perdido por intemperismo. En la capa pictórica de color guinda se marcan algunas partículas que fueron identificadas en petrografía como: 1 hematita especular, 2 matriz de cal con finísimas partículas de hematita, 3 hematita, 4 y 5 arcillas con contenido de goethita. En la imagen de MEB se marcan las mismas partículas ya que se obtuvieron espectros de elementos químicos para confirmar la composición elemental de las mismas (ver infra).</i> | <i>145</i> |
| <i>Ilustración 65: Composición elemental de hematita especular. Realizó: Gerardo Villa, Luisa Mainou y Luisa Straulino.....</i> | <i>146</i> |
| <i>Ilustración 66: Análisis elemental de la matriz en capa pictórica. Realizó: Gerardo Villa , Luisa Mainou y Luisa Straulino.....</i> | <i>147</i> |
| <i>Ilustración 67: Análisis elemental de hematita. Realizó: Gerardo Villa, Luisa Mainou y Luisa Straulino</i> | <i>147</i> |
| <i>Ilustración 68: Análisis elemental de arcilla- Realizó: Gerardo Villa, Luisa Mainou y Luisa Straulino.....</i> | <i>148</i> |
| <i>Ilustración 69: Análisis químico elementales de arcillas.....</i> | <i>148</i> |
| <i>Ilustración 70: Mapeo de elementos muestra 6. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.....</i> | <i>149</i> |
| <i>Ilustración 71: Mapeo elemental muestra 7. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.</i> | <i>150</i> |
| <i>Ilustración 72: Mapeo elemental muestra 8. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.</i> | <i>151</i> |

| | |
|---|------------|
| <i>Ilustración 73: Mapeo elemental de muestra 8a. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.....</i> | <i>152</i> |
| <i>Ilustración 74: Análisis elemental halita. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino. ..</i> | <i>153</i> |
| <i>Ilustración 75: Mapeo elemental muestra 10. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.</i> | <i>154</i> |
| <i>Ilustración 76: Sección transversal de estuco. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Straulino.....</i> | <i>155</i> |
| <i>Ilustración 77: Deterioro de la superficie. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Straulino.....</i> | <i>155</i> |
| <i>Ilustración 78: Deterioro de cristales gruesos. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Straulino.....</i> | <i>156</i> |
| <i>Ilustración 79: Lublinita dentro de poro. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Straulino.....</i> | <i>156</i> |
| <i>Ilustración 80: Tejido vegetal leñoso. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino..</i> | <i>159</i> |
| <i>Ilustración 81: Tejido vegetal no leñoso. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>159</i> |
| <i>Ilustración 82: Tejido vegetal no leñoso. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>160</i> |
| <i>Ilustración 83: Tejido vegetal carbonizado. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>160</i> |
| <i>Ilustración 84: Cianobacterias. Luz transmitida y luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>160</i> |
| <i>Ilustración 85: Microorganismos no identificados. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>161</i> |
| <i>Ilustración 86: Microorganismo fibroso. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>161</i> |
| <i>Ilustración 87: Película con calcita acicular. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.....</i> | <i>162</i> |
| <i>Ilustración 88: Película de apariencia polimérica e hifas. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.....</i> | <i>162</i> |
| <i>Ilustración 89: Película polimérica y cristales aciculares. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.....</i> | <i>162</i> |
| <i>Ilustración 90: Microorganismos y lublinita. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.....</i> | <i>163</i> |
| <i>Ilustración 91: Microorganismos calcificados. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.....</i> | <i>163</i> |
| <i>Ilustración 92: Posible esporangio con esporas. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.....</i> | <i>164</i> |

| | |
|--|------------|
| <i>Ilustración 93: Micelios y película orgánica. MEB. Fotografías: Gerardo Villa y Luisa Mainou.....</i> | <i>164</i> |
| <i>Ilustración 94: Inclusión carbonatada con óxidos de hierro. Fotografía: Luisa Straulino,.....</i> | <i>196</i> |
| <i>Ilustración 95: Muestra 14. Estuco con inclusiones de grano grueso. Fotografía :Luisa Straulino.....</i> | <i>196</i> |
| <i>Ilustración 96: Roca dedolomitizada. La dolomita ha sido sustituida por calcita. Tomada de Straulino 2010:135.</i> | <i>196</i> |
| <i>Ilustración 97: Arcilla con óxidos de hierro. Muestra 19. Nicoles cruzados y luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>197</i> |
| <i>Ilustración 98: Diagrama ternario de porcentajes en el enlucido: PO:porosidad, MA: matriz, I: inclusiones.....</i> | <i>205</i> |
| <i>Ilustración 99: Diagrama ternario de porcentajes en repellados. PO: porosidad, MA:matriz, I:inclusiones.....</i> | <i>206</i> |
| <i>Ilustración 100: Diagrama ternario de proporciones en repellados gruesos. PO:porosidad, MA:matriz, I:inclusiones.....</i> | <i>207</i> |
| <i>Ilustración 101: Capas pictóricas de la muestra 6. Luz reflejada y Nicoles cruzadas. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>209</i> |
| <i>Ilustración 102: Enlucido de la muestra 14 con pequeñísimas partículas de óxido de hierro dispersas en todo el enlucido. Luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>209</i> |
| <i>Ilustración 103: Tipo 1. De derecha a izquierda: soporte, repellado gris, repellado blanco, enlucido con capa pictórica anaranjada al fresco, capas pictóricas subsecuentes al falso fresco.....</i> | <i>211</i> |
| <i>Ilustración 104: Tipo 2. De derecha a izquierda: soporte, repellado grueso gris, repellado blanco y enlucido con partículas pigmentantes.....</i> | <i>211</i> |
| <i>Ilustración 105: Tipo 3. De derecha a izquierda: sporte, repellado grueso gris, repellado medio grisáceo y enlucido color crema con capa de color aplicada al fresco y subsecuente al falso fresco.....</i> | <i>212</i> |
| <i>Ilustración 106: Tipo 4. De abajo a arriba: Repellado grueso blanco, con enlucido blanco y pigmento aplicado al fresco.....</i> | <i>212</i> |
| <i>Ilustración 107: Muestra 6, misma áraea que la anterior pero con Nicoles cruzados y luz reflejada. Se observa que los cristales son de calcita y/o dolmita.. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>226</i> |
| <i>Ilustración 108: Muestra 6. Luz transmitida, sobre las capas pictóricas se observan unos cristales comprimidos en la superficie. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>226</i> |
| <i>Ilustración 109: Capa rojo anaranjado en los bordes de las roturas en los estucos. Fotografía: Luisa Straulino.....</i> | <i>228</i> |
| <i>Ilustración 110: Delgada capa de óxidos de hierro en una de las secciones laterales de la muestra 13. Luz reflejada y Nicoles cruzadas. Fotografía: Luisa Straulino.</i> | <i>228</i> |

Índice de tablas

| | |
|--|------------|
| <i>Tabla 1: Muestras para datación con arqueomagnetismo.....</i> | <i>94</i> |
| <i>Tabla 2: Estratos.....</i> | <i>101</i> |
| <i>Tabla 3: Características de estratos.....</i> | <i>102</i> |
| <i>Tabla 4: Fases.....</i> | <i>103</i> |
| <i>Tabla 5: Características de las fases.....</i> | <i>104</i> |
| <i>Tabla 6: Componentes.....</i> | <i>107</i> |
| <i>Tabla 7: Características de componentes.....</i> | <i>109</i> |
| <i>Tabla 8: Poros.....</i> | <i>109</i> |
| <i>Tabla 9: Granulometría.....</i> | <i>110</i> |
| <i>Tabla 10: Muestras con las que se elaboraron láminas delgadas.....</i> | <i>112</i> |
| <i>Tabla 11: Muestras para MEB-EDS.....</i> | <i>117</i> |
| <i>Tabla 12: Muestras para DRX.....</i> | <i>118</i> |
| <i>Tabla 13: Muestras para cromatografía de gases acoplada con espectrometría de masas.</i> | <i>121</i> |
| <i>Tabla 14: Edades obtenidas por arqueomagnetismo.....</i> | <i>123</i> |
| <i>Tabla 15: Resultados de DRX.....</i> | <i>158</i> |
| <i>Tabla 16: Inclusiones orgánicas.....</i> | <i>161</i> |
| <i>Tabla 17: Aparición de componentes orgánicos en las muestras.</i> | <i>165</i> |
| <i>Tabla 18: Resultados de cromatografía. Monosacáridos. Fotografía: Luisa Straulino. Nota: Int-intemperizado, con-conservado.....</i> | <i>166</i> |
| <i>Tabla 19: Estratos, fases y componentes de los estucos con capa pictórica roja del edificio central en la Pequeña Acrópolis.</i> | <i>168</i> |
| <i>Tabla 20: Estratos, fases y componentes de los muros internos de la Pequeña Acrópolis.</i> | <i>174</i> |
| <i>Tabla 21: Estratos, fases y componentes de lo estucos en el edificio norte y sur.....</i> | <i>177</i> |
| <i>Tabla 22: Proporciones en la Pequeña Acrópolis.....</i> | <i>182</i> |
| <i>Tabla 23: Proporciones en el edificio sur de la Pequeña Acrópolis.....</i> | <i>182</i> |
| <i>Tabla 24: Estratos, fases y componentes de la Plaza Pom.....</i> | <i>183</i> |
| <i>Tabla 25: Proporciones en los estucos de Plaza Pom.....</i> | <i>187</i> |
| <i>Tabla 26: Estratos, fases y componentes de los estucos de la Estructura 2.....</i> | <i>190</i> |
| <i>Tabla 27: Proporciones de los estucos en el Estuco 2.....</i> | <i>194</i> |
| <i>Tabla 28: Frecuencia de inclusiones en enlucidos.....</i> | <i>201</i> |
| <i>Tabla 29: Frecuencia de inclusiones en repellado medio.....</i> | <i>202</i> |

| | |
|--|------------|
| <i>Tabla 30: Frecuencia de inclusiones en repellado grueso.....</i> | <i>202</i> |
| <i>Tabla 31: Fracciones en los diferentes estratos.</i> | <i>204</i> |
| <i>Tabla 32: Proporciones en relación con la edad.....</i> | <i>216</i> |
| <i>Tabla 33: Presencia de microorganismos y lublinita en las muestras.....</i> | <i>225</i> |

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

En el 2011 fue necesario intervenir con urgencia el friso con bajo-relieves de estuco policromado ubicado en el Edificio 2 de Dzibanché (Templo de los Cormoranes) debido al alto grado de desprendimientos y pulverulencia que exhibía en su mitad derecha. Este particular estado de conservación era causado por el escurrimiento continuo de agua y ciclos de humedad y secado. La intervención de restauración fue coordinada por la Mtra. Elda Anrubio y en ella participé directamente e hice investigación orientada a determinar causas de deterioro.

Durante el trabajo de campo se observó el importante *corpus* de estucos que se conservan *in situ* en el Edificio 2 de la Plaza Gann, los edificios del Complejo de la Pequeña Acrópolis y en el Palacio Sur del conjunto de la Plaza Pom, que fueron datados por métodos relativos para el Clásico medio e inicios del Clásico tardío. Los vestigios encontrados en los primeros edificios son parte de un discurso iconográfico conformado por relieves polícromos: en la Plaza Pom decorando la fachada del Palacio Sur, se representa una figura con rasgos de reptil sobre el cual se encontraban algunos personajes profusamente adornados, de los cuales solo quedan restos de las manos y los brazos; además durante la excavación de este espacio se encontraron, en derrumbe, diversos fragmentos de la misma fachada; entre ellas destacan una cabeza de ave rapaz con una rodela de plumas, una cabeza de un cautivo con los labios cosidos, la cabeza de un anciano, y varios glifos entre los que se destaca el glifo *k'uhul ahau kaan*. En el Edificio 2 se representa la montaña florida, dentro de la cual se encuentra un posible incensario. Las cornisas que enmarcan este bajo-relieve están decoradas con la representación de cuentas de piedra verde.

Por otro lado, en la Pequeña Acrópolis los estucos conservados, que datan de esta época, forman parte de los repellados de los edificios. Se pueden observar dos tipos diferentes: el primero tiene un color blanco rosáceo muy pálido y en la parte superior de los mismos, cerca del desplante de la bóveda, fueron pintadas cenefas de color rojo y amarillo. El segundo tipo está pintado completamente de rojo y se encuentra en las jambas, y en los edificios laterales, así como en las fachadas exteriores.

Los conocimientos que se tenían, en ese entonces, de los materiales constitutivos y técnica de manufactura no eran muy profundos ya que algunos meses después de su descubrimiento en el Proyecto arqueológico Dzibanché-Kohunlich 2009 (Nalda *et al.* en prensa), el arqueólogo del sitio, Enrique Nalda, falleció deteniéndose las investigaciones por algunos años. En 2012 la Dra. Sandra Balanzario retoma los trabajos de mantenimiento e investigación en el sitio, interesándose, entre otras cosas, por la cantidad importante de estuco que allí se conserva.

Para hacer el diagnóstico del deterioro y tener un acercamiento a los materiales constitutivos, fueron analizadas algunas muestras mediante láminas petrográficas, donde se observó principalmente su problemática de conservación y algunos de los componentes minerales de los estucos, todo ello de manera somera (Straulino, 2011). Durante esta breve inmersión en la micromorfología, la composición de los estucos y su deterioro, fue evidente que se requería de una investigación más profunda, tomando en cuenta que la arqueología los data como pertenecientes al mismo periodo por lo que se podría realizar un estudio sincrónico de los mismos.

Todos los materiales constructivos y en especial los estucos, sean o no portadores de un discurso iconográfico, son una fuente sumamente importante para la construcción del conocimiento de las sociedades del pasado, ya que aportan información relevante sobre la selección de materias primas específicas y su manejo para realizar funciones determinadas, su origen geológico, y la inversión del trabajo requerido, entre muchas otras cuestiones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como lo expresa Cornell (2001) las sociedades prehispánicas tiene múltiples expresiones materiales de la memoria, es decir, variadas maneras de “escribir”. Éstas se manifiestan de diversas maneras: el arte rupestre, la producción textil, la cerámica, así como también en los estucos utilizados en las construcciones, entre otras. Así, el dar espacio a las manifestaciones no escritas, es importante para la búsqueda de las huellas de sociedades pretéritas, es decir, para comprender, en la “externalización” de su memoria, parte de su historia.

En este sentido, la arquitectura y los materiales constructivos son una fuente importante de información ya que los morteros de cal constituyen uno de los componentes

más importantes dentro de la edificación de los inmuebles mayas; por ello, su caracterización se vuelve significativa para comprender la tecnología que habían desarrollado.

El uso de estucos en las edificaciones es indicador de una mayor sofisticación cultural en el desarrollo arquitectónico; es representante de la complejidad lograda por una sociedad definida siendo indicadores, en algunos casos y periodos específicos, de las innovaciones tecnológicas, ideológicas, socio-políticas, y económicas (Hansen, 1995). Además, tanto los recubrimientos arquitectónicos como los relieves en estuco, los repellados o la pintura mural modifican el espacio construido (tanto material como en su significado cultural) mediante técnicas arquitectónicas (Magaloni, 1985). No obstante, es muy común que los recubrimientos arquitectónicos como los repellados de los edificios se queden en el olvido y se pierdan por completo con el paso de los años sin que sean estudiados.

Aunque el análisis de estos materiales se ha visto rezagado, en comparación de otros como la cerámica (posiblemente debido a que no presenta rasgos diagnósticos a simple vista), la cal como componente principal de los estucos y morteros mayas es un material sumamente importante ya que es completamente producida por el hombre en contraste con los demás elementos constructivos a los que sólo se modifica su forma natural. Esa conversión de material natural a material artificial hace que la cal sea un material avanzado para las etapas preindustriales ya que requiere una gran cantidad de energía junto con conocimientos tecnológicos desarrollados. Las técnicas analíticas específicas así como la observación *in situ* de las características y el uso de los materiales constitutivos en los estucos, constituye una fuente de información importante sobre la selección de materias primas específicas, así como de su posible origen geológico, transportación e inversión del trabajo involucrado (Villaseñor y Barba, 2011).

Los estucos de Dzibanché no han sido estudiados en su materialidad excepto en el estudio diagnóstico que se realizó en 2011 para su restauración (Straulino, 2011), por lo que su análisis, considerando que según los arqueólogos corresponden a la misma fase cronológica (análisis sincrónico), ampliará el conocimiento sobre los procesos constructivos de los mayas de Dzibanché, entre otras preguntas a resolver.

Con ello se podrá dilucidar cuales fueron las materias primas para realizar los estucos y si eran de origen local o foráneo. Se encontrarán las proporciones entre los materiales y se observará si el uso y función determinaron tanto los componentes de cada mortero como su proporción. También mediante observaciones *in situ* se analizará la secuencia operativa que se utilizó para la elaboración de los estucos en cada espacio particular. Toda esta información, hasta el momento parcialmente desconocida, se añadirá al *corpus* ya establecido en estudios anteriores en cuanto a la tecnología de los estucos en el área maya y en particular enriquecerá la información que se tiene sobre Dzibanché y los habitantes que formaban parte de ese complejo social.

Por otro lado siempre que es necesario hacer intervenciones directas lo más lógico sería tratar de realizar un mortero compatible con un desempeño adecuado y una apariencia estética que permita la integración y preservación del mortero original en el edificio que lo alberga y se podría pensar en reproducir la técnica original. Sin embargo, aunque las técnicas analíticas para caracterizar el estado actual de los morteros son muy rigurosas, hay lagunas muy importantes en la dinámica compleja de los procesos de evolución de los morteros con sus ciclos de cristalización y recristalización y con continuas reacciones entre sus componentes, el ambiente y el contexto. Más aún, parece imposible trazar por completo la ejecución técnica, las habilidades de los artesanos, el fraguado del mortero, las condiciones climática subsecuentes a la aplicación, etc, y todos estos factores determinan el desempeño de los estucos.

Entonces, como es hoy en día virtualmente imposible hacer un mortero que se comporte exactamente como el original, a lo que se espera llegar para las intervenciones en conservación es a usar morteros con una composición similar a la del que se quiere intervenir con el mismo tipo de cementante y agregados con una naturaleza y forma parecida. Las características funcionales de los morteros preexistentes deben ser reproducidas tanto como sea posible (por ejemplo la función de un mortero de rejunteo en un muro de carga no es la misma que un enlucido), además el material nuevo debe ser compatible con los materiales con los que esté en contacto tanto mecánica, química, física y estéticamente. Para lograr lo anterior se deben mejorar las técnicas analíticas para la caracterización de morteros antiguos y lograr identificar adecuadamente las funciones de

cada mortero y por lo tanto las características que tienen para que estas funciones se lleven a cabo adecuadamente (Veiga *et al.*, 2001).

Así el estudio detallado de la técnica de manufactura permitirá realizar morteros para conservación y restauración de manera adecuada, no sólo debido a que la proporción de cementante/agregados podrá formularse sabiendo las “proporciones originales”, sino para escoger los materiales más adecuados que funcionarán como agregados, para alcanzar las propiedades físicas requeridas en cada caso. Además se podrán formular estrategias adecuadas de conservación preventiva y mantenimiento según la técnica de manufactura en cada edificio.

FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

HIPÓTESIS

Los estucos de Dzibanché están conformados por diversos materiales, tanto de origen local (en agregados y cementantes), como de origen foráneo (en algunos de los pigmentos utilizados), cuya técnica de manufactura y proporciones en los morteros dependerán de la ubicación espacial y de la función a desempeñar. El conocimiento de estos factores permitirá la formulación de los morteros más adecuados para su conservación.

OBJETIVOS

General

Caracterizar los materiales y la técnica de manufactura de los estucos de Dzibanché y sus causas de deterioro para poder determinar tipos de estuco y secuencias técnicas, así como algunas propuestas de lineamientos para su conservación.

Particulares

- Identificar los materiales inorgánicos utilizados para la manufactura de los estucos así como su proporción.
- Datación de los estucos por arqueomagnetismo remanente pictórico para establecer si pertenecen a la misma época.
- Establecer secuencias técnicas para la aplicación y fabricación de los estucos y relieves.

- Identificar el posible uso de materiales orgánicos en la composición de los estucos.
- Definir si los materiales constitutivos son de origen local o foráneo.
- Relacionar los rasgos antes mencionados con la ubicación espacial de los vestigios así como con su función para saber si las diferencias técnicas tienen relación con la función o con cambios en la técnica de manufactura durante el tiempo.
- Determinar causas de deterioro.
- Proponer algunos lineamientos de conservación para las intervenciones futuras.

DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS

La primera parte de este trabajo tratará sobre los antecedentes de investigación tanto etnográfica, histórica, arqueológica y arqueométrica sobre todo de los estucos del área maya aunque también se tomaron en cuenta estudios dedicados a otras regiones del mundo.

Después se desarrolló un capítulo donde se explica lo que se sabe a cerca de la fabricación de morteros en el área maya desde la extracción de la cal hasta su deterioro pasando por procesos de construcción, etc. Para el desarrollo de este capítulo se utilizaron trabajos de investigación arqueológica, etnográfica y sobre todo se desarrolló una investigación original en cuanto a las menciones de la cal en diferentes fuentes históricas como los diccionarios de lengua maya del siglo XVI y textos mayas tanto prehispánicos (escritura glífica en estelas, códices, etc.) como virreinales. Además con esta revisión se pudieron encontrar a través de las palabras y los significados registrados por los frailes, algunas pistas sobre los ritos alrededor de la cal y la cosmovisión alrededor de este material.

El siguiente capítulo trata de la caracterización del sitio de Dzibanché, la caracterización geológica, geográfica y arqueológica, así como la descripción de los edificios de donde se tomaron las muestras y de las características macroscópicas de los estucos, repellados y pisos.

Por otro lado, el siguiente capítulo trata sobre los materiales analizados y las técnicas que se utilizaron para ello, detallando número de muestras y ubicación así como la descripción de las técnicas analíticas.

Luego se presentan los resultados de la datación, componentes inorgánicos, componentes orgánicos y la caracterización de la técnica de manufactura y el deterioro;

seguido por la discusión de resultados donde se anotan las interacciones más importantes entre ellos. Por último, se presentan las conclusiones de este trabajo donde se anotan las premisas más importantes y su relación entre ellas.

En los anexos, al final del trabajo, se pueden encontrar los resultados *in extenso* de algunos de los análisis realizados, a saber: cromatografía, difracción de rayos X, datación por arqueomagnetismo, así como la base de datos con los resultados obtenidos del análisis de las láminas petrográficas.

ANTECEDENTES SOBRE LA INVESTIGACIÓN DE ESTUCOS

El estudio de materiales arqueológicos realizado por medio de análisis de laboratorio adecuados ha contribuido al mayor conocimiento de los procesos culturales de las sociedades y su historia.

En este sentido se tendrá que revisar la creciente literatura sobre el estudio tecnológico de los estucos y pintura mural en el área maya que están dispersos y no necesariamente corresponden a la transición del Clásico Temprano al Clásico Tardío, temporalidad supuesta de manufactura de los estucos de Dzibanché. Pero, ya que el conocimiento general de la técnica de manufactura y materiales constitutivos de morteros y estucos es limitada, toda la información disponible a cerca del tema se considera útil como base para desarrollar los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio que se efectúen.

INVESTIGACIÓN GENERAL SOBRE LA CAL Y SUS DERIVADOS: MORTEROS Y ESTUCOS

El análisis de los materiales constructivos y en especial de la cal y los morteros (ya sean de rejunteo, revestimientos o decoraciones en relieve) que con ella se producen, puede ilustrar varios temas de interés para el conocimiento de las sociedades pasadas y la interacción entre naturaleza-hombre-trabajo-tiempo.

Se pueden analizar los procesos de transformación de la cal, aunque el conocimiento y descripción de estos procesos han sido mejor conocidos por fuentes etnográficas donde se describen piras enormes de madera verde como hornos abiertos para quemar cal (véase Morris *et al.*, 1931; Schreiner, 2002); empero, en general, hay pocas evidencias arqueológicas de hornos de mampostería para la quema de piedra caliza o de lugares de almacenamiento de cal apagada como los encontrados en Chalcatzingo, Tepeaca y Hacienda Calderón en el centro del país y, por otro lado Copán y recientemente el norte

de Yucatán, en el área maya (Grove, 1987; Grove y Cyphers, 1987; Abrams y Freter, 1996; Castanzo, 2004; Castanzo y Anderson, 2004, Nalda, 2008; Ortiz, 2014a y b).

También puede ser estudiada la cantidad de trabajo que se requiere para la transformación de la piedra caliza en cal, así como el impacto ambiental que esto conlleva (Abrams, 1994; Webster y Kirker, 1995; Schreiner, 2002; Barba y Córdova, 1999 y Barba y Córdova 2010). Por otro lado, pueden ser caracterizados los materiales constitutivos, su procedencia, y la técnica de manufactura de los estucos (Hyman, 1970; Magaloni, 1995 y 1998; Magaloni, Falcón *et al.* 1992; Magaloni, Newman *et al.* 1995; Magaloni, Pancella *et al.* 1995b; Vázquez y Villegas, 1993; Villegas *et al.*, 1995; Hansen *et al.*, 1995; Zetina, 2008; Villaseñor y Aimers, 2009; Barba *et al.*, 2009; Guasch, 2009; Villaseñor, 2010; Villaseñor y Graham, 2010; García, 2011;), así como las secuencias evolutivas en la misma (Magaloni *et al.*, 1992; Villegas *et al.*, 1995; Hansen *et al.*, 1997; Hansen y Rodríguez, 2001; Goodal, 2007;). De igual modo, su estudio puede servir para el análisis de áreas de actividad en espacios determinados (Barba y Manzanilla, 1987; Barba *et al.*, 1996; Barba y Lazos, 2000; Terry *et al.*, 2004; Barba, 2007; Villaseñor *et al.*, 2009; Middleton *et al.* 2010); recientemente se ha publicado un libro concerniente a la cal, y su uso en conservación (Barba y Villaseñor, 2013).

Una parte importante de la caracterización de los morteros y estucos es la cuantificación correcta de la proporción entre agregados y cementantes. A grandes rasgos esto se puede realizar por métodos húmedos-químicos y por cuantificación en láminas petrográficas.

El primer método consiste en la disolución del cementante para dejar únicamente los agregados y calcular la proporción de cementante/agregado, no obstante este método presenta varios problemas de confiabilidad cuando los agregados también son de naturaleza calcárea y más aún cuando estos últimos tienen el tamaño de cristal similar al mortero de cal o cuando hay varias partículas relacionadas con el cementante como nódulos de cal (*lime lumps*), por lo que no es un método adecuado, en general, para analizar las muestras provenientes del área maya.

De los métodos de conteo en láminas petrográficas el más común es el conteo de puntos que utiliza una cuadrícula que se adapta al microscopio. La cuadrícula se distribuye uniformemente sobre la muestra y entonces se registra y se cuenta cada espécimen que

queda bajo las intersecciones de la cuadrícula; sin embargo el desarrollo de la tecnología que permite el análisis de imágenes digitales provee de nuevas herramientas de resolución de problemas para enfrentarnos de manera más rápida y precisa a este tipo de conteos. Pero, los datos obtenidos de una sección en dos dimensiones se tienen que reinterpretar mediante la estereología, la ciencia de la interpretación tridimensional de imágenes bidimensionales, para obtener no las áreas ocupadas por agregados, cementante y poros, sino sus volúmenes (Lindqvist y Sandström, 2000; RILEM TC 167-COM, 2001; Cruz-Orive, 2003; Reedy y Kamboj, 2004; Elsen, 2006; Reedy 2006; Schnabel, 2009).

Algunos trabajos que utilizan análisis de imágenes para la caracterización de morteros pueden encontrarse en Berlucchi y Corradini (1995); Goins y Reedy (2000); Goins (2002); Mueller and Hansen (2001); Coutelas (2003), Caró y Di Giulio(2004; Casadio *et al.*(2005), Lindqvist y Johansson (2007).

ARQUEOMETRÍA DE MORTEROS, ESTUCOS Y CAPAS PICTÓRICAS EN LA ZONA MAYA

Los primeros análisis sobre técnica de manufactura y materiales constitutivos de morteros a base de cal en el área maya fueron conducidos por Littman (1957, 1958a, 1958b, 1959a, 1959b, 1960a, 1960b, 1962, 1966, 1967, 1979 y 1990) quien distingue entre morteros (*mortars*), repellados (*plasters*) y estucos (*stuccos*) basado en su función y el contenido de cargas.

Gordon Brown, contratado por David Pendergast, realizó estudios sobre materiales constructivos tanto en Belice como en Quintana Roo (Brown 1987, 1990, 1996); los estudios de Diana Magaloni (1998, 2001) caracterizan los materiales utilizados y la técnica de manufactura de las pinturas murales de 23 sitios del área maya, Nuria Guasch (2009) caracteriza estucos en el área de la península de Yucatán en los sitios de Mulchic, D'zula, Culuba, Acanceh, Chacmultún, Ek'Balam, Chichen Itza, Sta. Rosa Xtampak, El Tabasqueño y Dzibilnocac; por su parte Isabel Villaseñor (2009, 2010) realizó un estudio diacrónico de los morteros de cal en las tierras bajas mayas, concretamente en los sitios de Palenque, Calakmul y Lamanai, tomando muestras desde el Preclásico Medio hasta el período Colonial Temprano.

También se han realizado estudios de casos en particular, como los de Vázquez y Villegas (1993), los que se centraron en Palenque y las distintas técnicas de elaboración de los estucos a través del tiempo; los estudios de Nakbé, en Guatemala, realizados por

Hansen y colaboradores documentan la evolución en los pisos de cal desde el Preclásico Medio hasta el Clásico (1995, 1997, 2002); Lorraine McVey (1998) realizó el estudio de la caracterización de los morteros en los pisos en la acrópolis de Copán; Goodall (2007), por su parte, caracterizó los estucos y las capas pictóricas del mismo sitio por medio de estudios espectroscópicos; Sandra Zetina (2008) realizó estudios de técnica de manufactura en los mascarones y crestería de Kohunlich, en tanto que Claudia García (2011) por su parte analizó los estucos de la subestructura II-C1 en Calakmul, Campeche. Espinoza *et al* (2013, 2014) realizan un estudio sobre la técnica de manufactura de los mascarones de Edzná así como su deterioro.

Ahora bien, la arqueometría también es una fuente importantísima de información acerca de la composición de las capas pictóricas, pudiéndose encontrar diversos estudios ya sea de carácter generalizado o en estudios de caso muy específicos.

Entre las publicaciones de corte general se encuentran las de María Luisa Vázquez (2004a, 2007 y 2010) y de Diana Magaloni (2008). Entre las publicaciones que corresponden a estudios de caso, están las obras antes citadas de Villaseñor (2010), Magaloni (1998), Goodall (2007), Zetina (2008) y García (2011), quienes caracterizaron la naturaleza de las capas pictóricas en su análisis de la técnica de manufactura de los estucos.

También existen otros artículos sobre caracterización de los pigmentos mediante técnicas especializadas como en el caso de Sánchez del Río *et al.* (2004), quienes realizaron investigaciones sobre el azul maya; Silva *et al.* (2004) caracterizan de manera físico química los pigmentos de la pintura mural en Mayapán. Doménech-Carbó *et al.* (2006, 2011) presentan un estudio sobre la caracterización del azul maya y sus diferentes tonalidades debidas al componente químico dehidroíndigo y su relación con los llamados “amarillos mayas” ya que plantean la posibilidad de que varios indigoides sean responsable de los mismos.

Cabe mencionar que las investigaciones que reportan sustancias orgánicas como aglutinantes de capas pictóricas, colorantes o agregados para morteros de estuco son los de Magaloni (2001), Hansen (1995) Goodall (2007) y Vázquez (2010).

LA CAL. MENCIONES EN DOCUMENTOS HISTÓRICOS Y ETNOGRÁFICOS

La cal es un material que se ha utilizado desde tiempos remotos en Mesoamérica y fue clave para el desarrollo del área cultural en varios aspectos: en el estructural provee un cementante resistente para levantar muros y para recubrirlos; en el aspecto estético provee un material para hacer relieves, esculturas y para pintar sobre su superficie; la cal fue de suyo importante para el progreso alimenticio, ya que, gracias a ella el maíz se puede nixtamalizar, aumentando sus propiedades nutritivas y por lo tanto mejorando la dieta¹. Por otro lado, Barba (2013) apunta que las superficies encaladas evitaban que los insectos nocivos treparan por los árboles blanqueados con cal y entraran a espacios domésticos dedicados a almacenamiento y que además “proporcionaron condiciones sanitarias adecuadas y prevenían contagios y enfermedades” (Barba 2013:25,42) .

Con respecto al encalado de los troncos hay que decir que los encalados actuales no se realizan sólo para evitar que las hormigas u otros insectos trepen a ellos, sino para aminorar los cambios drásticos de temperatura en los troncos a causa de la insolación, así se aumenta la reflexión de la luz en el tronco de los árboles lo que disminuye su temperatura interna. Mantener una temperatura más baja en los troncos de los frutales (como manzanas y cítricos) da un mayor rendimiento; sin embargo, esto también se puede lograr pintando los troncos con cualquier otra sustancia blanca como pintura vinílica. No obstante, las lechadas de cal sí parecen ser efectivas como tratamientos profilácticos en contra de larvas y algunos insectos horadores que se desarrollan sólo en los troncos de los árboles (Hernández *et al* 2006, Melgarejo 2000).²

En cuanto al control de enfermedades, las propiedades antisépticas de la cal sólo están activas cuando se trata de cal viva u óxido de calcio que es altamente reactivo, al tomar humedad de cualquier fuente, deshidratando y generando una reacción exotérmica que puede rebasar los 300° al hidratarse (cfr. García y Flos, 2008:71), o cuando es cal

¹ Para ver con detalle el proceso de nixtamalización véase Méndez (2011:143-189).

² La creencia de que se aplican lechadas de cal a los árboles para que los insectos no suban es poco sustentable; en principio el hidróxido de calcio es altamente alcalino, o si se aplicara como cal viva u óxido de calcio que es altamente reactivo, disuadiría a cualquiera de tocarlo; sin embargo, ya sea como lechada o como cal viva (que absorbe humedad del ambiente rápidamente convirtiéndose en hidróxido de calcio) al contacto con la atmósfera el hidróxido de calcio absorbe rápidamente CO₂ formando carbonato de calcio. Este mineral constituye el componente principal de las rocas calizas por donde todos los insectos transitan libremente, incluyendo las hormigas.

apagada o hidróxido de calcio (altamente alcalino pH 12.4 aprox.). En estos medios las bacterias no pueden desarrollarse o mueren (exceptuando a las bacterias extremófilas) y, por ello, la cal es un recurso al que se recurre frecuentemente para cubrir con ella los cadáveres tanto humanos como animales. Sin embargo, cuando la cal de los estucos ha fraguado y se ha convertido en carbonato de calcio, nada impide que las bacterias y otros microorganismos, como virus e incluso hongos, se desarrollen al utilizarlo como sustrato³.

Probablemente se descubrieron las propiedades de la cal en el Formativo temprano al observar el contacto del agua con las piedras calizas calientes de las hogueras o fogones. También pudo haberse descubierto debido al uso de piedras calizas calientes que eran colocadas en recipientes de barro con agua para cocinar, técnica que parece común en el Preclásico maya ya que hay una gran cantidad de cerámica utilitaria de ese periodo que no presenta marcas de quemado (Villaseñor 2010: 53, Barba y Córdova 2010: 84). Su uso tempranamente documentado en el área maya se extendió en el Formativo medio y en el Preclásico tardío cuando se empezaron a construir mega estructuras en las aldeas protourbanas⁴.

Ahora bien, la cal es de los pocos materiales de construcción utilizado en Mesoamérica (a excepción de los ladrillos utilizados en Comalcalco, por ejemplo) que necesitó de un proceso fisico-químico para ser fabricado. En contraste con la arquitectura de tierra que mezcla fibras y otro tipo de agregados con tierra altamente arcillosa para obtener materiales sólidos de construcción, la piedra caliza, conchas o corales (todos formados por carbonato de calcio (CaCO_3)) tienen que ser quemados en hornos o piras de leña verde. En el proceso de la quema el carbonato de calcio (CaCO_3) se convierte en óxido de calcio o cal viva (CaO) por la pérdida de dióxido de carbono (CO_2): al producto

³ Se sabe, gracias a los cronistas, que en la época prehispánica había epidemias (cfr. Mandujano *et al.* 2003). Algunas de las enfermedades que se pueden tornar epidémicas así como otras de las más comunes en México (como el paludismo, oncocercosis, enfermedad del chagas, leishmaniosis, dengue y dengue hemorrágico, fiebre amarilla, tifo murino o tifo exantemático) son enfermedades transmitidas por vectores, mejor conocidas como zoonosis. La mayoría de los microbios causantes se alojan en insectos voladores (mosquitos, moscas) y los que no lo hacen (artrópodos como piojoso o chinches) son transportados por animales como roedores, entre otros portadores (Secretaría de Salud, 2001); la otra forma en que se transmiten las epidemias es por contagio, es decir los virus y bacterias se transmiten por el aire, el agua o los alimentos (Atlas Nacional de Riesgos, 2012); así ni la presencia de cal hidratada o la presencia de cal viva y, por supuesto, no los recubrimientos de estuco ya transformado en carbonato de calcio impedirían la propagación de las enfermedades, sobre todo las causadas por zoonosis.

⁴ Para leer más sobre la historia del uso de la cal en Mesomérica prehispánica léase Villaseñor 2010, Barba y Villaseñor 2013:21-48.

de la calcinación se le llama cal viva. Después de ello, para poder ser utilizada para nixtamalizar, construir, decorar, o como parte del repertorio de medicinas tradicionales, la cal debe ser apagada, es decir, se tiene que mezclar con agua. La reacción química que se lleva a cabo transforma el óxido de calcio (CaO), o cal viva, en hidróxido de calcio por la interacción con el agua ($\text{Ca}[\text{OH}]_2$). La pasta o el polvo que se obtiene⁵ son aptos para cualquiera de las funciones antes descritas y es conocida como cal apagada, muerta o matada. Este material absorbe CO_2 al entrar en contacto con el aire mientras el agua de la pasta se evapora, entonces fragua formando CaCO_3 de nueva cuenta.

En este proceso son necesarios el fuego y el agua como transformadores de la materia prima. Así, como bien lo apuntan Barba y Córdova (2010:88) este par de elementos, que purifican y sacralizan, forman una de las dualidades más importantes del pensamiento prehispánico que permanece hasta nuestros días.

Cabe señalar que los estudios que se han realizado sobre la cosmovisión y ritualidad en torno a la cal se refieren al proceso de quemado en los hornos (Schreiner, 2003; López Austin, 1993) o tienen poca profundidad como en el caso del trabajo de Diana Magaloni (1996:43-49) donde se aborda el tema brevemente, y aunque parezca obvio que el par de elementos opuestos y complementarios que toman parte en la fabricación de cal es de gran importancia, vale la pena tratar de esclarecer el significado que tenía, en su conjunto, la fabricación de la cal y morteros entre los mayas prehispánicos, incansables fabricantes y usuarios de este material desde épocas muy tempranas.

FUENTES

Para llevar a cabo dicha investigación se decidió comenzar por desentrañar lo que el lenguaje de algunas poblaciones mayas nos podría contar; para ello se consultaron cuatro fuentes: el Calepino de Motul⁶, el diccionario CORDEMEX⁷ (1980), el diccionario

⁵ Para obtener cal en polvo es necesario agregar agua en proporción estrictamente estequiométrica, de otra manera o se obtiene una cal deficiente por no estar completamente hidratada o, por el contrario, un exceso de agua formaría pasta.

⁶ Gracias a que es un calepino y no un simple vocabulario, en esta obra han sobrevivido el lexicón y el Arte de Villalpando, corregidos y aumentados por Landa, así como millares de frases extraídas de la Cartilla y Confesionario, de homilías dominicales y sermonarios ahora perdidos, y de otras fuentes menores de la literatura maya-cristiana y a su vez millares de testimonios de lo que era la vida en el mundo maya del siglo XVI (Acuña en Ciudad, 1984). Se revisaron las siguientes ediciones: Ciudad Real, 2001; Ciudad Real, 1984 y Ciudad Real 1577.

⁷ Este diccionario es un compendio de 13 obras, entre vocabularios, diccionarios y artes de la lengua maya, cuya ventaja es que presenta modernizaciones en la escritura del maya yucateco e indica palabras cuyas

Combined Mayan-Spanish and Spanish-Mayan Vocabularies⁸ (Bolles 2012) y el Thesaurus Vervoru (Coto 1983)⁹. Esto permitió hacer un listado de palabras y términos relacionados con la cal, tanto en maya como con su significado en español, además de encontrar ejemplos de su uso en la vida cotidiana de la época en la que se realizaron los diccionarios. Este listado se clasificó por el proceso técnico al que pertenecen durante la fabricación de la cal cuyo análisis proveyó la materia prima para realizar un estudio sobre la cadena productiva de la cal e intentar dilucidar el contexto ideológico y ritual que se desarrolló alrededor de la fabricación de este material y de los morteros, además de aclarar otros usos y significados.

Para obtener una perspectiva mayor también se localizaron las menciones que se hacen de la cal en diversas obras literarias y fuentes históricas como serían el *Popol Vuh* (Christenson 2007), el *Rabinal Achi* (Breton 1999), *Relación de las cosas de Yucatán* (Landa 1959) y algunas referencias glíficas en textos prehispánicos. También se citan trabajos de arqueología que proveen las pruebas materiales de cada eslabón en la cadena de producción de la cal. Otros trabajos académicos que se irán citando en este apartado sirvieron para analizar diferentes aspectos de la cosmovisión, por ejemplo: del agua y del fuego; no obstante lo anterior hay que mencionar de manera particular el trabajo de Schreiner (2003) sobre los aspectos rituales de la producción de la cal viva, el cual constituye una valiosa fuente de información etnográfica.

TÉCNICA DE MANUFACTURA DE LA CAL ENTRE LOS MAYAS (EVIDENCIAS ARQUEOLÓGICAS, DOCUMENTOS HISTÓRICOS Y ETNOGRAFÍA)

raíces lingüísticas están directamente relacionadas, cada entrada presenta la fuente de la que fue tomada, lo que permite volver a ella en caso de duda.

⁸ Este diccionario proporciona un compendio de 21 fuentes muy diversas que sirvieron para hacerlo. Conserva la forma de escritura encontradas en las fuentes históricas por lo que hay entradas con escritura antigua y hay entradas con la forma de escritura moderna como las de Victoria Bricker. No obstante este diccionario tiene la ventaja, en contraste con el Cordemex, de que conserva los ejemplos de utilización de cada palabra, es decir, el texto está tomado casi íntegramente. Por ejemplo el calepino de Motul, el vocabulario de San Francisco así como el de Viena, colocan muchas veces la entrada y ejemplifican su uso en el habla cotidiana, lo que puede dar mucho más luz que solo el significado aislado.

⁹ Acuña dice a cerca del autor que se esforzó por transmitir fielmente la forma en que los cakchiqueles pronunciaban su lengua y entendían cada palabra. Esta obra es un banco enorme de datos etnográficos donde se puede estudiar la dialectología de la agricultura k'akchiquel, la terminología del tiempo, la estructura familiar, la anatomía, flora, fauna y sus usos medicinales, etc. (Coto 1983)

Para elaborar la cal hay varias actividades dentro de la cadena productiva que hay que tomar en cuenta: la extracción de la materia prima, la quema de la piedra caliza, el transporte de los productos, el apagado de la cal y, la manufactura de los morteros que se utilizaran como aplanados, pisos, morteros de rejunteo, para fabricar bajos y altos relieves, etc. Ahora bien, de la cadena productiva de la cal no siempre se han encontrado huellas culturales distinguibles o existentes en el registro arqueológico por lo que parte de los procesos se deberán inferir mediante fuentes etnográficas y documentos históricos.

A continuación se presenta, organizado por actividad, lo que se pudo recopilar de la manufactura de cal en las fuentes.

OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La cal se obtiene, generalmente, de la piedra caliza; se puede recoger en fragmentos ya separados de la roca madre o se puede desprender de las canteras mediante cortes, formando paredes rectas. De este proceso pueden quedar huellas de herramientas en las rocas tales como acanaladuras, así como las herramientas mismas *in situ* que pueden ser: cinceles, lascas de percusión, bifaciales, navajas de obsidiana que debieron complementarse con sogas y herramientas de madera (Gallegos, 1994). Sin embargo, las canteras no son diagnósticas del uso de la cal puesto que el material extraído de ellas también se utilizó para construir edificios y para realizar elementos como estelas y altares. Por otro lado, no se debe olvidar que para hacer cal se puede utilizar también roca dolomítica y conchas o corales (Maurenbrecher, 2004) ya que todos estos materiales están formados por carbonato de calcio (CaCO₃)¹⁰.

En las fuentes históricas no se encontró gran referencia acerca del proceso de obtención de la materia prima; empero, se encontraron registrados los nombres que se le daban en maya yucateco y en k'akchiquel a varias de las materias primas utilizadas¹¹.

En yucateco se le llama *zah cab tunich* a la piedra calera, mientras que en k'akchiquel se la denominaba *r'ahabal chun*. En maya yucateco también encontramos que a la piedra calentada, medio calcinada o que ha sido quemada se le llamaba *ziintun*; al

¹⁰Por otro lado Bradley W. Russell y Bruce H. Dahlin (2007) sugieren que el sascab no se puede utilizar en hornos abiertos (piras de leña verde) ya que es tan fino que no se puede sostener en la parte superior del mismo.

¹¹ La ortografía de las lenguas mayas que se escriben en esta tesis respetan la ortografía utilizada en la fuente que se utilizó para su recopilación.

carbonato de calcio cristalizado o mineral, margarita o cristal de roca se le denominaba *nen uz*, mientras *xix*, *xixil*, *xixil za*, *xixil zaca*, *yit za* o *chichil* eran las maneras de referirse a las pedrezuelas de la cal o al asiento del pozole o atole; a una tierra blanca que se saca de las cuevas se le llama *zaz* o *çaç*, este último vocablo podría tratarse de la paligorskita o sepiolita ya que está documentado se extraían de cuevas (Brady y Rissolo 2006). En el calepino de Motul encontramos una entrada que dice *taanbez luum yetel çahcab* y que se tradujo como “mezcla la tierra con çahcab, que es una tierra blanca sacada de peña picada (Ciudad 1577: 411 anverso)”, así podemos ver que el *sascab* se obtiene de “picar peña” en contraste con el *zaz* o *çaç*, que se saca directamente de cuevas.

QUEMA O CALCINACIÓN

Para quemar la piedra hay que fragmentarla en pedazos de 10 cm de diámetro aproximadamente (o del tamaño de un puño), ya que los fragmentos más grandes no se calcinan bien haciendo que el proceso sea menos eficiente (Russell y Dahlin, 2007), después de ello estos fragmentos y las conchas o el coral, se calcinan en hornos.

En el proceso de la quema el carbonato de calcio (CaCO_3) se convierte en óxido de calcio o cal viva (CaCO) por la pérdida de dióxido de carbono (CO_2) que comienza desde aproximadamente 500°C y continúa hasta los 900°C ; esta temperatura se tiene que mantener durante varias horas. La cal viva habrá perdido alrededor del 40% del peso del material original por la pérdida de CO_2 . La cantidad de cal viva (llamada así por la violenta reacción que sucede al ponerla en contacto con agua) que se pueda obtener dependerá del tamaño del horno y por lo tanto será un indicador de si ésta se utilizaba para labores de mantenimiento menor, uso doméstico o para construcciones a gran escala. En hornos abiertos se puede llegar a un 30% de caliza sin calcinar. Ya que la temperatura de los hornos antiguos está lejos de ser continua, parte del material puede no alcanzar las temperaturas adecuadas y no transformarse en cal viva. No obstante un problema peor puede suceder cuando hay áreas sobrecalentadas que observan un proceso de sinterizado, fusionando el material en nódulos que no reaccionan con el agua durante el apagado y que pueden hacerlo más tarde incluso siglos después, expandiendo su volumen, y rompiendo el material (Hansen y Rodríguez, 2002:184, Torraca 2009:61-62).

Las huellas arqueológicas que se podrían encontrar de este proceso son grandes áreas de carbón con mezcla de fragmentos de calizas con diferentes grados de calcinación

sobre el suelo correspondiente a la estratigrafía estudiada en hornos abiertos (piras de leña verde) o los fosos u hornos excavados con iguales restos de hollín, carbón y fragmentos rocosos con diferentes grados de calcinación que sí son diagnósticos del uso de la cal.

Sin embargo, existe falta de evidencia de este proceso que posiblemente se deba al uso de piras cuya identificación en el registro arqueológico es difícil ya que dejan una delgada capa de ceniza y fragmentos de piedra caliza dispersos con grados de calcinación diversos. También es posible que la escasez de datos arqueológicos se deba a que esta actividad se llevaba a cabo fuera de las áreas centrales, en lugares donde había madera abundante para la quema y que no han sido excavadas de manera extensiva.

Schreiner (2001), por ejemplo, cita algunas evidencias de caleras¹² encontradas en Copán, Cauinal, pantano Pulltrouser, Sayil, Dos pilas, Cozumel, Mayapán.

En el sitio de laguna Placencia también se ha documentado un posible sitio de quema abierta; una estructura cerrada en el sitio de Cozumel también pudo haber servido como horno de cerámica u horno para hacer cal y se ha sugerido que las pilas de calizas quemadas que se encuentran en varias locaciones del norte de Yucatán pueden ser también caleras abiertas (Russel y Dahlin 2007). Recientemente se han encontrado varios hornos cuyas paredes son construidas con piedra bajo el nivel del suelo en el estado de Yucatán (Ortiz 2014a y b) lo que sugiere que no sólo se utilizaban hornos abiertos, sino hornos propiamente dichos, con una construcción no perecedera.

A propósito del quemado de la cal, encontramos lo siguiente en las fuentes coloniales:

En maya yucateco *chuh kab o chuh cab*¹³ es la pira o el horno donde se quema la cal, en general (Cordemex 1980:110). *Chuh* en los diccionarios está glosado como sacrificio u holocausto (Cordemex 1980:110), *chuhankil* se refiere a sacrificar en fuego o matando, así: *v chuhinahob v mehenob* es “sacrificaron a sus hijos” y *ma a chuhincilex Cizin* sería “no sacrificuéis al demonio” (Bolles 2012: 461). *Kab* puede referirse a la fortaleza de cualquier cosa, al mundo, pueblo o región o a la miel, y a las abejas (Bolles

¹²Este término puede resultar problemático ya que se le llama calera a los hornos abiertos o cerrados en donde se quema la cal así como a donde se almacena la cal apagada con agua.

¹³ Así se encuentra escrito en los diccionarios antiguos, *Kab* es una modernización utilizada ya en el Cordemex.

2012: 284). En este sentido me inclino más a pensar que se refiere a la fortaleza de algo, en este caso de la piedra de cal.

Cotbil chuh cab (Bolles 2012: 603) también significa “calera” siendo la traducción de *cotbil* “que ha puesto ó debe poner albarrada” (Bolles 2012: 603), deduciendo que la forma de este tipo de caleras se parecía a una albarrada y se construiría de manera parecida. *Cot chuh cab .l. cot v tzalil chuh cab* (Bolles 2012:602), significa “armar calera conponiendo las piedras” mientras *cotex a chuh cabex* es “armad así vuestra calera” (Bolles 2012:602) y que es casi la misma afirmación pero conjugada en tercera persona como podemos ver en las terminaciones *ex*. Si se querían “armar caleras pequeñas, echando en ellas piedras y maderos” los mayas yucatecos decían *buth chuh cab* (Bolles 2012:263).

Took Chuh kab, o *chuh ta’an*, se refieren al proceso mismo de quemado de la cal, el primero se refiere a “caldear el horno o quemar la calera” (Cordemex 1980:804), mientras el segundo es “quemar calera o hacer así la cal” (Cordemex 1980:110). *Took* se refiere a “quema”, aunque también puede hacer referencia a “quitar, robar, defender arrebatando o quitando, librar y, además, a los hijos e hijas habidas en mujer ajena casada o por casar” (Cordemex 1980:803). *Took chuh* aparece en los diccionarios como “cauterio de fuego” (Cordemex 1980:804). El diccionario de Autoridades de 1729 se refiere a “cauterio” como un remedio riguroso de abrir con fuego las partes del cuerpo que están apostemadas, y de quemar las llagas y heridas para restañar la sangre. Así mismo también remiten al significado metafórico de todo aquello que corrige, ataja y preserva del mal. En cualquier caso “cauterio” implica la curación de lo físico o de lo moral.

En el diccionario de Viena encontramos las expresiones *ti binob ti tooc chuh cab* “son ydos a quemar cal en la calera” (Bolles 2012:461) y *chuhix taan v cahob cuchi* “estaban quemando una calera” (Bolles 2012:1966). Y por último *taantal* significa “v.n. llenarse de ceniza, calcinarse, reducirse á cal ó ceniza” (Bolles 2012:1807).

En k’akchikel el horno de cal es *tuh qatbal chun*. En esta frase *tuh* se refiere a los temascales y a los hornos de cal o de ladrillo (Coto 1983:278) aunque también se refiere a parir: *qa ah tuh lae ixok* “aún es recién parida”, no obstante no hay que establecer de inmediato un paralelismo entre el horno, la matriz y el parto como nacimiento de la cal; Fray Tomás de Coto nos da la razón del porque se utiliza el término de *tuh* para referirse a

las recién paridas, y resulta ser bastante mundana: “Y vsan destos modos, porq[ue] vn mes, o más, la recién parida es costumbre estar cada día en los baños q[ue] llaman tuh” (Coto 1983:395). *Qatbal* por su parte significa “quemar” y proviene de la raíz *qat*: fuego; *chun* es la cal. Por otra parte para referirse a la cal que se está quemando usaban los verbos *tin qat*, o *tin poroh/* vg., *tan ti porox*, *tan ti qat abah*, o *r'ahabal chun*.

En investigaciones de carácter etnográfico Schreiner (2001) realizó una investigación con informantes mayas y quemas experimentales en hornos mayas tradicionales. Encontró seis formas distintas de hornos que se pueden realizar tanto a nivel de superficie como en huecos, al respecto apunta que:

Funcionan como hornos verdaderos capaces de alcanzar y mantener los 900[°]C necesarios para convertir el material carbonatado (CaCO₃) en cal viva (CaO). Las caleras controlan el patrón de combustión en el centro, donde reflejan y concentran el calor, evitan la pérdida de calor mediante el aislamiento que produce la humedad de la capa externa de la madera, y tienen un sistema de ventilación que recibe aire frío del perímetro lateral y suelta gases calientes a través de la piedra caliza que cubre la estructura. Como combustible se utiliza madera, que suele tener un contenido de agua superior al 50%, y como mineral piedra caliza, concha (Nations 1979, Pike 1980), o coral. Estas caleras son hornos y no simplemente piras. Estructuras idénticas hechas con madera seca arden como hogueras, produciendo gran pérdida de calor y dejando como único resultado una cantidad de piedra quemada (Schreiner 2001:357).

Estos hornos además tiene la particularidad de estar hechos con troncos de entre 5 y 25 cm de diámetro y de “maderas de agua” como el chacá (*Bursera simaruba*) que contienen entre 50% y 60% de agua. Además este tipo de árboles son de rápido crecimiento y se regeneran de ramas cortadas¹⁴, por lo que muchos caleros reforestan así para garantizar la oferta de madera cerca de la piedra caliza de mejor calidad (Schreiner 2001:361). Al respecto de las piedras con contenido de magnesio, el vapor de agua de la

¹⁴ Es común observar en la región de Quintana Roo, cercos realizados con ramas cortadas de *chacá* que tienen brotes nuevos y que están creciendo.

leña verde tiene un efecto catalítico en la pérdida de CO₂ y forma cristales nanométricos de MgO (Frattini, 2014).

Ahora bien, el producto de la quema de la piedra caliza es la cal viva. Encontrar vestigios arqueológicos es complicado, sin embargo, tenemos los diccionarios donde se registran las voces para referirse a ella.

A la cal en general se le dice *ta'an* en yucateco y *chun* en k'akchiquel. No obstante en maya yucateco se encuentra el término *k'ulta'an* que se dice de “la cal o lo más fuerte de ella” (Cordemex 1980:422), la raíz *k'ul* o *k'uul* remite a algo sagrado o divino, a adoración y reverencia o en composición con otras palabras “muy y mucho”, no obstante también consigna cosas lisas y endurecidas, como las frutas empedernidas o que tienen partes duras aunque estén maduras (Cordemex 1980:420). Me inclinaré por el sentido de divino, sagrado, etc. o de “muy o mucho” dado que son bien conocidas las propiedades de la cal viva como una sustancia que quema, una sustancia potente que puede hacer daño como se indica en las siguientes entradas del diccionario de Coto: *Ta hopih chun ch'u vach lae ak quxul aq*, “çiega con cal aquel puerco q[ue] come las gallinas”. || *Hopom o hopim ru vach chi chun, chi poklah*: el así çiego (1983:125) o, *x-u lo[o] chun, o qhabak, ru cohol v'akan*, “la cal, o el lodo, me a comido entre los dedos” (1983:101), y también porque la cal viva se produce mediante un sacrificio al fuego, mediante una purificación o “cauterio”.

Tanal es “polvadera” y *taanbeçah* es “mezclar” o “poner, guardar, embolver o mezclar entre cal o ceniza. (Ciudad 1577: 411 anverso)”, de allí que *taanbez luum yetel çahcab* significa “mezcla la tierra con çahcab” (Ciudad 1577: 411 anverso) o *taanbez buul ca maac uxohmal* esté registrado como “pon los frisoles entre ceniza o cal para que no se carcoman” (Ciudad 1577: 411 anverso).

TRANSPORTE

La cal viva podía ser transportada desde sitios lejanos a las grandes urbes que lo requerían y no tenían piedra caliza disponible en sus inmediaciones o podía continuar con su proceso en el lugar de quemado, aunque encontrar evidencia arqueológica de los traslados de material es complicado. Además, el transporte de la cal viva conlleva algunos problemas difíciles de resolver, ya que éste material es altamente reactivo, quema la piel y al contacto con agua genera una reacción exotérmica de importancia, pudiendo incluso

generar explosiones violentas; por ello su transporte tendría que haberse dado en época de secas o con cubiertas impermeables. Así Barba y Córdoba indican que se debió apagar la cal cerca de los lugares de quemado y después transportarla apagada (Barba y Córdoba 1999:174).

No obstante, la suposición de Barba y Córdoba tiene algunos problemas: el transporte de la cal apagada es dudoso porque transportarla en polvo implicaría que por la cantidad tan pequeña de agua que reacciona con el óxido de calcio, la reacción entre el dióxido de carbono del ambiente y el agua de la cal apagada se diera fácilmente y, por lo tanto, llegaría al lugar de utilización una cal muy pobre en hidróxido de calcio dando lugar a un material de poca calidad y con poco poder de cementación. De transportarla en forma de pasta, el uso de mucha agua requeriría de recipientes impermeables; por otro lado hay que tomar en cuenta el aumento de peso que conlleva el apagado de la cal y el aumento de trabajo que supondría su transporte de esta manera. Por otro lado la cal viva es un material mucho más ligero, incluso que la piedra caliza (hay que recordar que al quemarse la piedra caliza pierde el 40% de su peso), por lo que es un material adecuado para transportar sobretodo en un entorno donde no había animales de carga.

Encontrar evidencia arqueológica de este proceso es un tanto complicada, no obstante, hay algunos indicios en las fuentes coloniales en que se puede inferir que los procedimientos tradicionales que sobreviven en comunidades indígenas son similares a los que acontecieron en la época prehispánica desde tiempos remotos.

Fray Tomas de Coto consigna en su calepino que *tazen o tazeh o ta bana a tazen ta tazenah 3ozm ch'u vach a çi* se traduce como "...sig[nifi]ca, también, vnos cuereçillos, o ropa bieja, q[ue] se ponen en las espaldas quando cargan cal, barro" (Coto 1983:224).

Hay fuentes etnográficas de Guatemala que dicen que la cal viva se transportaba granulada o en bolas esféricas, que empacaban cuidadosamente entre pieles que se colocaban dentro de redes para evitar la lluvia, aunque el transporte, ahora, se hace en mula y no a pie (Webster 1969:184,217).

APAGADO O MATADO DE LA CAL

Después del quemado de la cal el paso siguiente para poder utilizarla es apagarla o matarla lo cual se logra añadiendo agua a las piedras de cal viva. Si se agrega poca cantidad de agua o se deja reaccionar con la humedad del ambiente, la reacción exotérmica

quebrar las rocas, generando un polvo de hidróxido de calcio que puede almacenarse o transportarse aunque es necesario que éste no se encuentre expuesto al aire ya que comienza rápidamente a carbonatar. Por el contrario si se le agregan grandes cantidades de agua, se genera una pasta que puede almacenarse durante años. Mientras más tiempo lleve la cal así almacenada, mejor serán sus propiedades de plasticidad ya que los cristales que se forman son cada vez más pequeños (Rodríguez Navarro *et. al*, 2005). La reacción química que se lleva a cabo transforma el óxido de calcio o cal viva (CaO) en hidróxido de calcio por la interacción con el agua (Ca[OH]₂).

Para almacenar la cal apagada en pasta se necesitan recipientes. Por ejemplo, los recipientes de barro pequeños podrían haber servido para almacenarla en cantidades moderadas y se podrían encontrar como evidencias arqueológicas algunos de estos con cal seca en su interior.

La cal apagada (sin cargas) puede tener diversas funciones, entre las principales está la de nixtamalizar el maíz, aunque también puede utilizarse para modificar suelos muy ácidos (Webster, 1969:218) y para “curar” ollas de barro. De estos procesos podemos tener evidencias arqueológicas como las pichanchas (ollas con agujeros que servían como colador) o los comales que sirven para cocer las tortillas (estos darían cuenta del proceso de apagado de la cal aunque de manera indirecta). También se pueden encontrar recipientes de barro con sedimentos de cal ya seca que podrían haber servido para nixtamalizar el maíz. Así mismo se podría observar el uso de la cal para curar ollas en tepalcates o piezas cuyos poros estén sellados (microscópicamente) con carbonato de calcio.

Mackinnon y May (*apud* Villaseñor, 2010:54) excavaron en 1990 una capa de 40 cm de carbonato de calcio asociada con grumos de carbonato de calcio, tepalcates, conchas y carbón en el sitio del Clásico Temprano de Laguna Placencia. Esta evidencia fue comparada con una excavación en un pozo cerca de un sitio moderno de producción de cal cerca de Laguna Placencia en Belice. Basados en las similitudes de ambas excavaciones se estableció que es posible obtener una capa gruesa y recarbonatada por el material que se lixivia del apagado de una pila de cal.

En Salina Blanca, en la costa del pacífico de Guatemala, se encontraron miles de tepalcates de jarras o tecomates que datan del Formativo Temprano (1000-800 a.C.)

cientos de los cuales presentaban una costra de cal en su interior, lo que sugiere que eran utilizados para calentar maíz en agua de cal para nixtamalizar (Flannery, 1976); aunque también pudieron haberse usado como almacenaje de cal apagada.

Un dato indirecto de la utilización de cal apagada es el uso de pichanchas. De 1000-800 a.C. se encontraron coladeras o pichanchas de barro, que eran una parte integral de la vajilla en el valle de Belice y en el Petén central, usadas para lavar el maíz nixtamalizado (que para su elaboración requiere de cal apagada) aunque sin relación con comales, lo que indicaría que el nixtamal se utilizó para hacer productos comestibles diferentes de la tortilla, como tamales (Cheetham 2010:357-358).

En el registro arqueológico del área maya no se han encontrado grandes depósitos de cal apagada en comparación con las regiones donde los romanos eran constructores; allí se utilizaba la extinción en fosa: la mezcla de cal y de agua se revuelve intensamente hasta que no hay fragmentos de cal viva visibles formando una pasta untuosa pero demasiado fluida, luego esta mezcla se vuelve en la fosa donde el agua excedente se evapora o se filtra naturalmente en el suelo (Coutelas, 2003 y 2008).

Lo anterior se puede deber a que etnográficamente entre los mayas yucatecos que trabajan la cal en las regiones de Chichen Itzá y Mayapán, W. Morris (*apud* Jáidar, 2006:74) y F. Mateos (*apud* Magaloni, 2001:160) encontraron que la cal (generalmente apagada pero en polvo) que se utiliza para hacer morteros se mezcla con sascab en proporciones de carga-cementante desde 4:1 a 1.5:1 según la calidad deseada. Con estos materiales se forma un cono sobre la tierra que se revuelve varias veces hasta lograr uniformidad, siempre hacia el centro; después se hace un cráter al centro del cono al cual se le hecha agua y se mezcla hasta que todo esté húmedo. Las paredes exteriores del cono húmedo se pulen con una piedra; así el exterior se endurece pero el interior queda húmedo. Después de dos semanas la estructura externa se rompe y al interior la mezcla está lista para usarse. Así se puede guardar la cal tanto tiempo como se requiera, mientras permanezca húmeda. Probablemente gracias a este método no se haya requerido la construcción de áreas de almacenaje para la cal apagada en pasta.

En maya yucateco: *tupa'an*¹⁵ *ta'an*, es cal apagada. *Tup* se define en los diccionarios como “matar o apagar fuego, candela o cal” (Cordemex 1980:823) *tupa'an* ; asimismo, se puede utilizar de manera metafórica para apagar o matar la sed o el hambre: *Tupuk'ahil* “matar la sed”; *tupwi'ihil* “matar el hambre” o con el sentido de satisfacer el deseo de algo o satisfacer dudas, sospechas o deseos (Cordemex 1980:824).

Así mismo también se podría referir al apagado de la cal el vocablo *k'uta'an* “cal o ceniza y la mezcla de ellas (Cordemex 1980:425). Molido con líquido o humedad, majado así (Cordemex 1980: 425); cal (Cordemex 1980:425)” siendo *k'ut* “machacar o majar en almiez o mortero, chile, mostaza, perejil en poco agua, moler cosa con sumo o con agua (Cordemex 1980: 424).”

Ppolba o *ppolhal* es “agocarse o esponjarse el pan desta tierra, y la cal quando la matan con agua” (Bolles 2012: 1754). *Ppolhal*, *xitil*, *dzacal* y *yaabhal* es “acrecentarse, multiplicarse, resquebrajarse la cal cuando la mojan” (Bolles 1980:1754). También “abrirse la cal cuando la matan” es *xiicil taan* (Bolles 1980:2225), siendo *xijcil* “con acento en la primera, desluzirse y deshazerse assi estas cosas, y resquebrajarse la cal quando la matan” (Bolles 1980: 2225) y *xicil* “esponjarse, como cal viva con el agua: *xijcil .l. xijtil*. Esponjarse así: *xijteçah*.” (Bolles 1980: 2225)

En *k'akchiquel* parecería que hay una entrada se refiere al apagado de la cal y está escrita como sigue: “Y, quando el agua se embebe en la cal, ladrillo o piedra caliente, como en los temascales, o en ladrillo caliente, q[ue] echan vino para algún resfriado, diçen: *ti tzahin, o ti vahin ya ch'u va chun, o ch'u va qatanalah xan, abah*, etc.” (Coto 1983:109). *Tzah* se refiere a embeberse, menguarse, agotarse o mermarse (Coto 1983:CCLXI), mientras *vahin* se refiere a ruido, embeberse, tener sed (Coto 1983:CCXII). El diccionario de la Academia de Autoridades de 1732 dice de “embeber” que es “atraer y recoger en sí alguna cosa líquida: como la esponja que chupa y recoge agua; vale también contener,

¹⁵ Magaloni (1996:43) establece que *tupa'an* se refiere a la cal apagada y que tiene relación con el fuego y la candela, relacionándolos con la reacción exotérmica que la cal viva tiene al contacto con el agua que libera grandes cantidades de calor y energía. La confusión puede provenir de las definiciones que hace el Cordemex, diccionario utilizado en su trabajo, sobre esta palabra: “el fuego, candela o cal muerta o apagada, apagado, apagado fuego o candela (Cordemex1980:824)” . No obstante, analizando bien las entradas y conociendo el idioma maya yucateco se deduce que *tupa'an* es el pasivo del verbo *tup*: apagar (Lorena Pool com. pers. mayo 2013).

encerrar incluir en sí y dentro de sí alguna cosa; incluir y recoger parte de una cosa en ella, reduciéndola a menos”, mientras *poklah* es “polvo de tierra o cal (Coto 1983: 426).”

FRAGUADO

Una vez que esta pasta con o sin cargas (según sea el uso) entra en contacto con el ambiente, el agua (H₂O) del hidróxido de calcio (Ca[OH]₂) se evapora y se va sustituyendo lentamente, de afuera hacia adentro, por el dióxido de carbono de la atmósfera (CO₂) formando nuevamente carbonato de calcio (CaCO₃). Cabe mencionar como dato curioso que si la cal fue hecha de conchas, la aragonita presente en su composición no estará presente al fraguar el estuco ya que el proceso de quema de la cal modifica su composición, así que no es posible tener aragonita en el cementante de un mortero¹⁶. Con la dolomita pasa lo mismo, al quemar la dolomía, se forman óxidos de calcio y magnesio por separado, al momento de hidratar se forman sus respectivos hidróxidos por separado y al carbonatar, habrá carbonatos de calcio por un lado y carbonatos de magnesio por otro, ya que la dolomita se habría descompuesto. No obstante los agregados o cargas sí que pueden estar compuestos por aragonita o dolomita. Incluso podrían encontrarse estos minerales en restos que están parcialmente quemados o incluso que no llegaron a quemarse, pero aún con las técnicas más modernas es difícil distinguir un agregado de un material parcialmente quemado.

Ya que la cal ha fraguado podemos tener una gran diversidad de datos arqueológicos que confirman su uso: morteros en las juntas de los edificios, pisos de cal, paredes estucadas, relieves escultóricos, pintura mural, lechadas de cal en cerámica como decoración postcocción, por mencionar sólo algunos.

La cal como material de construcción se puede documentar desde el Formativo en al área maya. Uno de los reportes más tempranos del uso de la cal en el las Tierras Bajas Mayas corresponde a las plataformas con enlucidos de cal en Cuello, Belice, asociadas a

¹⁶ Magaloni (2001) identifica 4 grupos de estucos en las pinturas murales mayas. El grupo 4 está caracterizado según esta autora por tener cal de aragonita. Sería posible tener aragonita en la composición de un estuco si la quema de la piedra no hubiese sido completa como es habitual en las rocas calizas con contenido netamente calcítico, no obstante no hay que olvidar que la aragonita a diferencia de la calcita, no requiere 900° C para transformarse en óxido de calcio, requiere solamente de unos aproximados 400°, fácilmente alcanzables en los hornos abiertos. Así, es mucho más probable que la aragonita que se encuentra en los análisis de difracción de rayos X se deba a la presencia de inclusiones formadas por conchas y caracoles o por coquinas. No obstante esto no refuta que se hiciera cal de conchas y caracoles o de piedra caliza fosilífera. De hecho en Comalcalco la cal que usan aún hoy en día para la restauración arquitectónica es cal fabricada con las conchas de los ostiones y es extremadamente resistente (Gallegos y Armijo 2003).

las cerámicas más tempranas del sitio, fechadas desde 1100 hasta 600 a.C (Gerhardt 1988: 140, Hammond and Gerhardt 1990, Andrews and Hammond 1990:571, Littman 1979 *apud* Villaseñor 2010:53), en Belice también se encuentran restos tempranos en Cahal Pech, Blackman Eddy y Cerros. En el Preclásico Medio en Altar de Sacrificios, Ceibal, Tikal, Uolantun y Yaxha en las Tierras Bajas Centrales se han localizado plataformas en barro, pisos de estuco y *saskab*, bloques tallados que conforman muros rectos e inclinados, cubiertos de estuco o sin él, plataformas de relleno megalítico y escalinatas. Otros usos tempranos de los estucos en la arquitectura datan de entre 900 y 600 a.C. en Nakbé Guatemala. Tiempo después se evidencia el uso de la cal en la arquitectura de Uaxactun, Calakmul, y El Mirador donde se encuentran las más imponentes construcciones del periodo (Velásquez 1993:108-109).

La arquitectura monumental preclásica realizada con morteros y revestimientos de cal no se limita a esos sitios: Lamanai, Cuello y Cerros, en Belice; El Tigre y Edzná, en Campeche; Dzibilchaltún y Komchén, al norte de la Península de Yucatán, también cuentan con arquitectura monumental (García 2011:54). En la región Río Bec, Becán es el sitio más importante y más dinámico de la región cuya fuerte actividad constructiva en el Preclásico Tardío se evidencia con la edificación de las estructuras II sub, IV sub y, sobre todo, la pirámide IX, y posiblemente del foso cuya datación no ha sido claramente establecida (Nondédéo *et al.*, 2010).

En Quintana Roo, cerca de la laguna de Bacalar, se encuentra el sitio de Ichkabal cuyos edificios nombrados como E4 y E5 fueron decorados con mascarones en el Preclásico; en Dzibanché, la acrópolis de Kinichná que data de la misma época también fue decorada con mascarones y así mismo se encontraron relieves y aplanados de estuco en las subestructuras del Formativo en el área central de Dzibanché, así como las del conjunto Yaxná en Kohunlich (Nalda, 2002; Nalda y Balanzario, 2005; 2010). Chakanbakan es otro sitio que exhibe un edificio del Preclásico decorado con mascarones de estuco (Cortés, 1994). Ya para finales del Formativo y hasta el Posclásico, el uso de la cal en la arquitectura maya (al menos la monumental) fue el paradigma.

Ahora bien, también quedaron una gran cantidad de registros referentes a esta etapa en los vocabularios y diccionarios.

Taan es “mezcla para paredes” según el diccionario de Motul, aunque no es posible saber si se refiere solamente a la cal (*ta'an*) ya que en este diccionario sí se pone atención a las vocales largas pero no se registran los cierres glotales.

Yach.t., por ejemplo, se traduce como “amasar”(Bolles, 2012:2878), de allí viene *yach taan* “hazer mezcla para edificios. (Bolles, 2012:2878) o amasar (Bolles, 2012: 2878)” y *yachbil taan* “argamasa” (Bolles, 2012:2878). *Xakbezabil taan ti zahcab* es “mezcla de cal”. (Bolles, 2012:2878) y “mezcla de cal y tierra blanca” (Bolles 2012: 2878). A la lechada de cal (Bolles, 2012:772) se le llamaba *hadz taan*.

“La mezcla para allanar pared. / claro, trasluciente. / vidrio, cristal. / allanar las asperezas de la pared con mezcla de cal (Bolles, 2012:2402)” es *zaz* o *zazah*, aunque en el calepino de Motul *zaz* o *çaç* se define como “vn barniz blanco sobre que asientan las pinturas los pintores (Bolles, 2012: 2402).” *Bituntah* es traducido como “embarnizar, hechar [sic] suelos, hacer calzadas, poner argamasa tras de algo, encalar” (Bolles, 2012: 229) y *bitun* es “suelo encalado o pared encalada” (Bolles, 2012:229).

Un “montón pequeño de tierra, cal, piedras o maiz” se traduce como *nic* (Bolles, 2012:1467). Además el diccionario pone “*hun nic, ca nic, ox nic, ettz:*” que traducido es un montoncito, dos montoncitos, tres montoncitos. Esta cuenta hace pensar que *nic* pudiera ser una medida.

Xek'ta'an es “hacer cal para edificar, desliéndola (Cordemex, 1980:938)”; *ta'an* como ya se mencionó es cal y por otro lado *xek'* es “despedazar, desleir despedazando como una calabaza tierna” (Cordemex, 1980:938) mientras *xek* se traduce como “hacer mezcla, mezclar, revolver meneando mezcla de cosas despedazadas o estrujadas, mezcla de cosas revueltas y deshechas” (Cordemex, 1980:938).

También se encuentra vocabulario relativo a la fabricación de morteros en maya yucateco: *ppizah* se refiere a “v.a. medir, pesar, comparar, cotejar, reglar, mezclar la cal y sahcab en seco para las fábricas de mampostería (Bolles, 2012: 1747)” mientras que *Ppiz* se define como “la mezcla ó mortero de cal-sahcab que se hace en seco para fabricar la mampostería” (Bolles, 2012:1747) y *ppizbil luum* es “mezcla de cal y tierra” (Bolles 2012: 1748).

Por otro lado, *kutz cab* se refiere a “çulaque, que es cierto bitun o engrudo con que los indios peguen los suelos a ollas desoladas o desfondadas, para que siruan de barreñones

para atol. Hazese de cal y de la lana del ppupp¹⁷, y del çumo de las maluas desta tierra (Bolles, 2012:1164)”.

Cuando la mezcla de cal se ponía muy “pegajosa ó pastosa y cosas semejantes” (Bolles, 2012: 2034) se decía *tzatzaycuntabil*, siendo *tzatzayci* “pegajosa cosa” (Bolles, 2012: 2034). En el mismo orden, *tzatzaycuntah* “v.a. poner muy pegajosa el albañil su mezcla” (Bolles, 2012:2034) y *tzatzaytal* era “v.n. quedar espesa y glutinosa la mezcla del albañil” (Bolles, 2012:2034). *Pucucnac u taanil* se refiere a “Cal o mezcla que se desborona por no estar bien mezclada” (Bolles, 2012:1776).

En k’akchiquel a la mezcla de cal se le llama *yo3om chun* (Coto, 1983:347). Para hacer la mezcla se podía “colar algo por paño, çedazo o harnero, como el trigo o cal” (Coto, 1983:97) que se decía *tin chayuh* y a las “pedrezuelas de la cal çernida” se les llama *r’achak chun*. Para medir los ingredientes de la mezcla “en medida cóncaba en que se miden cosas liquidas, en grano o poluo, arena, cal, ET SIMILIA” (Coto, 1983:339) se usaba la frase *tin pah*. “Reboluer la mescla de cal, arena, ladrillo, tierra, etc” (Coto, 1983:467) se registró como *tin tuc* y “vaya bien rrebuelta la cal y arena” (Coto, 1983:467) se decía *ti tucutah chun ruin çanal*. Así mismo *ta yuhu chun ch’u pam çanay* se tradujo como “encorpora la cal con la arena, q[ue] se mezcle”. (Coto, 1983:184) Cuando le mezclan cal o arena al lodo decían *ti cap, ti yuh chun, o çanayi, ch’u pam* (Coto, 1983:316-317). *Tin yo3, o tin yuh ru pam chun* se refería a “Haçer argamasa ID EST mesclarla” (Coto, 1983:43), mientras que la “alisadura o enjalbegadura” es *yolbal* (Coto, 1983:146).

Procesos de Construcción

Los frailes de la zona maya también registraron lo referente a procesos de construcción, las personas que se dedicaban a ella y las herramientas que utilizaban.

La persona que hacía cal o “el que hace cal” se llamaba *ah took chuh kab* (Cordemex, 1980:804) para los mayas yucatecos; algunas de sus herramientas eran el *babche* “palos con que rebuelben la mezcla y cal” (Bolles, 2012:161) y el *yulub* “bruñidor” (Bolles, 2012:2344).

Huch ah ub se registró como “batanar, bruñir, y golpear las mantas de tributo y bruñir el papel y lo encalado pasandole bruñidera por encima y alisar vna piedra con otra y

¹⁷ “Ppupp: pochote que es algodón o lana de algunos árboles desta tierra. ¶ v ppuppil pim; v ppuppil ix cuyuch; v ppuppil yax che; v ppuppil cho”. (Bolles, 2012: 1766). Esta entrada hace referencia al algodoncillo de las semillas de la ceiba (*Ceiba aesculifolia*).

açicalar espada” (Bolles 2012:911). *Yul* también se registra como “bruñir lo encalado, y otras cosas” (Bolles 2012:2343) y por lo tanto *yulmal* es “yrse alisando como encalado quando lo bruñen” (Bolles 2012:2344). *Tax* o *taxcunah* es “Ygual cosa, como suelo, pared o tablas o ygualar” de allí que *taxcunex bitun* sea “igualad el encalado de la pared” (Bolles 2012:1868-1869). *Nabzah* es “unto, uncion, untura” por lo que *nabçah ti taan* es “encalar jalbegando” (Bolles 2012:1421). *Hochtuntah* es “golpear lo encalado para que empareje”(Bolles 2012:868) y “bruñir el encalado cerrando las endeduras y grietas” (Bolles 2012:2072) se registró con la frase *tzutz yultex bitun*. “Enbarrar enxalbegando con cal deshecha en agua” se decía *hadz taan* al que también se refieren como “lechar” y “enbarrando así” *hadz taanan* (Bolles 2012:772). “Blanquear o enxaluegar pared” se registró como *zac bitun* o *çac bitun* (Bolles 2012:2355). *Zaz* o *Çaç* se tradujo como “encalar o blanquear con esta tierra, y lleua mezclada cal aunque poca” así *çaçex a uotoch ti çaç* es “blanquea a vuestra casa con esta tierra” (Bolles 2012:2402). *Zaccunah* o *bituntah* es “blanquear, encalar enluciendo, betunar” (Bolles 2012:2375). *Hoybeçah* o *hoybezah* se refiere a “blanquear pared con agua de cal” (Bolles 2012:905) o “matizar, preparar vasijas infundiéndoles atole ó agua de cal para que no resuman” (Bolles 2012:905).

Lac thoh y *lalac thoh* se registraron como “picar, despegando algún encalado” (Bolles 2012:1191) donde *thoh* es “embutir, chorrear licor, picar” (Bolles 2012:1905) y *lalac* es “cosa despegada, desencrustrada” (Bolles 2012:1191) y *lac* o *lakah* es “despegar, arrancar” (Bolles 2012:1181); así *lac thoh tex v bitunil v nak pak* es “picad el encalado de la pared” (Bolles 2012:1191), mientras que “remendar algún encalado” es *chob pak ah ob* (Bolles 2012:516) donde *pak* es “pared que vno ha hecho o haze” (Bolles 2012:1660).

En *k'akchiquel Yo3o1 chun* es “ el q[ue] la haçe [la mezcla de cal]” (Coto 1980:43) y algunas de sus herramientas eran la “plana de albañil” (Coto 1980:421) a la que se referían como *qhiqh naqbal chun*, o *qhiqh yolbal ru vach chun*, o *oqueçabal chun ch'u vach xan*; *pahbal* es “la medida, instrumento con q[ue] así se mide [medida cóncava]” (Coto 1980:339) y *tucbal* era el “instrumento para rreboluer así algo [la mezcla]” (Coto 1980:467).

Ahora bien “encalar” se decía *Tin cul*, *tin chunah ru va xan* (Coto 1980:180), *ta chunah hay* es “encala la casa” (Coto 1980:349), *tin to- qhola ru va xan* se refiere a “picar la pared de la casa para volver a encalar” (Coto 1980:418), *tin yol* es alisar la pared (Coto

1980:418), mientras *tin çal 3utuh* es “blanquear la pared con cal, encalar” (Coto 1980:69). *Chunam chic, çak chic ru vach* se traduce como “blanqueada pared así [con cal]” (Coto 1980:69). *Rohroh chi hay chi chun, o, mi-x chunax hay, çak rohroh chic* se traduce como “Cuando así la casa está enluzida o enjalugada, encalada, que parece bien” (Coto 1980:191).

A la pared que se hace de cal y canto se le conoce como *q,ak* (Coto 1980:394). *Chunam q,ak o chunam xan*, es pared encalada (Coto 1980:394) y decían *q,akam ru vi ya* “si al puente q[ue] ay en el rrío es de calicanto”.

Tin kaçah o *tin çak ka abah, chun, pa hul* o *tin muk abah* es “fundar çimiento, quando echan la piedra y mezcla en la çanja” (Coto, 1980:242), *tin hekeba*, o *tin keheba*, o *tin takaba* se refiere a “asentar las piedras del çimiento vnas sobre otras con la cal o mescla” (Coto, 1980:242). Luego “quando dejan el edificio q[ue] se vaya apretando para, después, trauajar en él” (Coto, 1980:242) se dice *tu varabeh ka abah ri chun, ti hanin abah rumal ri chun*; en lo que respecta al transporte de materiales *in xenah ru banic hay, ti be nu qama abah, chun, xan* significa “quando andan trayendo, o que an de traer los materiales” (Coto, 1980:242) y *tazen o tazeñ o ta bana a tazen ta tazenah 3ozm ch'u vach a çì* “Sig[nifi]ca, también, vnos cuereçillos, o ropa bieja, q[ue] se ponen en las espaldas quando cargan cal, barro” (Coto, 1980:224); *tin yaariçah, tin rax yaariçah* se registró como “verbos actiuos: haçer q[ue] algo está rralo. Y estos mesmos vocablos siruen para “derretir çera, çebo, rrezina, etc., y para el barro, mezcla, cal, ET SIMILIA” (Coto 1980:461).

DETERIORO

Con todo, el interés de los frailes por registrar lo referente a las construcciones no paró allí; podemos incluso encontrar cómo se referían a los efectos de deterioro en las paredes y recubrimientos de cal tanto en yucateco como en *k'akchiquel*.

En maya yucateco *xicil* es “descostrarse lo encalado o enlucido” (Bolles 2012:2222), de dónde *xicil v cah v bitunil yotoch Ku tumen palalob* se traduce como “desconstrándose el encalado de la iglessia por los muchachos” (Bolles 2012:2222); mientras en *k'akchiquel ti quirir el, o ti ho3o3 el, o ti rahrox, ti rakorox, ti bohbox yolbal ch'u va xan, o q,alam* se traduce como “descostrarse el barniz o encaladura de la pared, o yeso de las tablas, o la pintura del retablo” (Coto 1983:146) y *Ti pirir, o ti quirir; vg., xa ti*

pirir, xa ti quirir ru pam vay se registró como “desmoronarse o deshacerse el pan, tamal, barro, cal, ET SIMILIA, q[ue] no se pega bien” (Coto 1983:152).

Volviendo al maya yucateco la “cosa que se va desluziendo como pintura y encalado y cosas de barro mal cozido que se deshacen y descostran con el agua” se decía *xicicnac* (Bolles 2012: 2221) y *hetel* con “acento en la primera; abrirse, henderse, o resquebrajarse cosas de barro o tierra o pared lo embarrado o encalado, y el nauio o la madera” (Bolles 2012: 840).

OTROS USOS DE LA CAL

También quedaron registrados en estas fuentes algunos otros usos de la cal que se mencionan a continuación.

En maya yucateco encontramos *taanitaan; taan taan; ual taan* como “lleno de ceniza o cal” (Bolles 2012: 2145); *muc taan* por “emboluer algo en çeniça o cal para conseruado” (Bolles 2012: 1807); *laal* se referiría a una “cosa que resquema y escueze, como cal, lexia, tauaco, mostaça, y cosas assi” (Bolles 2012:1177); al nixtamal se le llamaría *kuum* ya que se traduce como “Maíz cocido en agua y cal, preparado para hazer pan” (Bolles 2012:1058) y *hoy kuum* se referiría a “Echar maíz a coser en agua y cal para haçer tortillas” (Bolles 2012: 903) y por último el olor a cal u orines se registró como *tziihlil o zih*.

En k'akch'iqel, por su parte, *mi-x iqo ru chu3a*, o, *mi-x iqo r'ey vino*, o *a3om, chun*, etc.. se traduce como “Pasarse la fuerza de la mediçina, de la cal o vino, perder la virtud” (Coto 1983: 399).

X-lo[o]tah v'akan rumal chun, o *chaah*, o *qhabak*, etc se registró como “comerse los pies o las manos por andar entre la cal, cenisa, legía, lodo, etc., q[ue] se crían en ellos a modo de zabañones” (Coto 1983: 101) o también decían *x-u lo[o] chun*, o *qhabak, ru cohol v'akan* “la cal, o el lodo, me a comido entre los dedos” (Coto 1983:101) y se referían a la parte lastimada por la cal entre los dedos como *qoh xo3o1 chi cohol v'akan; xo3ol* (Coto 1983:101), por último *ta hopih chun ch'u vach lae ak quxul aq* se tradujo como “çiega con cal aquel puerco q[ue] come las gallinas” (Coto 1983:125).

APARICIÓN DE LA CAL, SUS DERIVADOS O ACTIVIDADES RELACIONADAS EN OTRAS FUENTES LITERARIAS/HISTÓRICAS

Se pueden observar menciones de la cal o de los estucos en las inscripciones del Clásico. *Luk'* (lu-ku) se traduce como estuco, barro o lodo y esta voz está registrada en los estucos del templo XVIII de Palenque (Velásquez, 2009; Mathews y Biró, 2006); no obstante, el contexto particular de la inscripción en la que se encontraba es difícil de desentrañar porque la mayoría se encontró en derrumbe; con todo, este templo está localizado en un área que gozaba de un prestigio y poder excepcionales (Ringle, 2007). La inscripción de la Estela 1 de Aguateca (741 d.C.), que habla de la entronización del rey K'awiil Chan K'inich, también exhibe un glifo (A8a) leído como *jus* (ju-su) (Velásquez, 2009; Mathews y Biró, 2006) que significa encalar¹⁸.

Más tarde, ya en el Posclásico se pueden observar en la página 14a del códice Madrid los glifos para *sas* (sa-sa) y *tak'* (ta-k'a), estuco y estucar respectivamente. Los dibujos que acompañan a la escritura corresponden a lo que Maricela Ayala (2006) ha definido como los dioses en actividades “humanas”, específicamente los “dioses en los templos”. En esta sección se observan tres dioses sentados con las piernas recogidas hacia el torso con el brazo doblado en ángulo recto (el codo sobre la rodilla) y la mano extendida hacia arriba, cada uno frente a un templo con lo que parecieran ser bultos de ofrendas (códice Tro-Cortesianus 1967).

En el *Popol Vuh* se hace mención de la cal, *chun* en k'iche', en las líneas 7564 y en la 7847¹⁹ siguiendo la numeración de Allen Christenson (2007). La primera mención se da cuando los k'iché fundan Chi Izmachi: “*Chi Izmachi then was the name of the mountain on which they dwelt as their citadel. There they settled and tested their glory. They ground their lime plaster and their whitewash in the four generation of lords...*”²⁰ [las negritas son mías]. El mismo autor refiere en una nota al pie que esta es la primera vez, en el texto, que un asentamiento es descrito con edificios estucados y con lechadas de cal y yeso característicos de centros precolombinos importantes en contraste con las comunidades más pequeñas construidas de adobe y madera.

¹⁸ Para ver un poco más sobre la estela consúltese Houston 2012, Proskuriakoff 1999.

¹⁹ Las líneas dicen en k'iché: 7564 *Xk'aj ki chun*, 7565 *Ki sajkab'*.

²⁰ Dejo los pasajes en inglés ya que hay términos que son difíciles de traducir al español, por ejemplo *whitewash*, no es lechada de cal, es una mezcla de yeso y cal apagada muy diluida que sirve para blanquear las paredes sobre todo en interiores.

La segunda mención es en las líneas 7847 y 7848²¹ cuando se hace referencia a la gloria de los señores k'iche' en Cumarcah: “*Then their glory and their sovereignty were increased in Quiché. The grandeur and importance of the Quichés was glorified and made sovereign. Then as well the canyon-citadel was whitewashed and plastered...*” [las negritas son mías]. Así, como también lo menciona el autor, no sólo fueron encalados y repellados los edificios de la cima de la montaña (el centro del asentamiento), sino también las comunidades de los valle y cañones que dependían de la “ciudadela”.

Este material también es mencionado en un episodio muy particular del *Rabinal*: el rey Job Toh es capturado por el guerrero K'iche' Achi y es llevado a territorio k'iche' donde es encerrado en una prisión de cal. El primero en nombrar este acontecimiento es Rabinal Achi cuando enuncia las faltas del otro guerrero, cuando éste es atrapado fuera de la ciudadela con la intención de raptar vasallos del rey de Rabinal, y dice: “Fue allí que encontré a mi señor/ a mi eminencia.../sólo grandes muros lo rodeaban/ grandes muros le hacían frente,/ en una prisión de cal./ Fue entonces que yo la arrasé [...] y que descubrí a mi señor/ a mi eminencia,/ gravemente quemado atrás /y adelante,/ adentro de la prisión de cal[...].” (Breton 1999: 204-205).

Después, Kiché Achi retoma este episodio y explica que a causa del rencor de no haber podido tomar posesión de la capital rabinal' (“del ombligo del cielo, del ombligo de la tierra”) no sólo lo encerró en la prisión de cal, sino que agrega lo siguiente: “¡Fue entonces que lo encerré/ en la cal blanca,/ emparedando su espalda/ emparedando su rostro en la prisión de cal!” (Breton 1999:214-215) y por último, el episodio es rememorado por el mismo Job Toh, cuando K'iche' Achi' es juzgado por él y, por lo tanto, todas sus hazañas en contra del pueblo de Rabinal son enunciadas: “Y vos quien me llevó [...] /quien me encerró/ en la cal amarga,/ emparedando mi espalda/ mi rostro.[...]” (Breton 1999:258-259).

Breton (1999: 204) apunta que la expresión que traduce como prisión de cal (*pam aqam chun*) designa a un reducto cavado en cal. *Pam* es cámara, hueco, barriga o estómago (Coto 1983:CXCIV), mientras *aqam chun* se refiere literalmente a cal amarga, identificada como la cal viva, en oposición a la cal alimentaria, que causa numerosas quemaduras al prisionero.

²¹ Las líneas en k'iché: 7847 *Ta xchunaxik*, 7848 *Ta xsajkab'ix puch*.

En el siglo XVI fray Diego de Landa (1959) menciona numerosas veces el uso de este material para la construcción asombrándose de la cantidad de edificios y de sus encalados en pisos, techos y muros, que eran de gran resistencia.

LOS INDICIOS DE LA VISIÓN DEL MUNDO Y LOS RITOS EN LA PRODUCCIÓN DE LA CAL Y SUS DERIVADOS

Como se puede observar, la cal y sus derivados se encuentran nombrados en contextos de poder económico, político y social tanto en las inscripciones glíficas como en los textos literarios. Es recomendable recordar que estas inscripciones en el Clásico fueron testimonios históricos de hechos importantes en la vida de los gobernantes y su “corte”; los códices mantienen registros temporales y las fuentes históricas como el *Popol Vuh* y el *Rabinal Achí* intentan conservar la memoria histórica de los pueblos como legitimación de su tenencia sobre la tierra ante la llegada de los españoles. Así, todas estas fuentes comparten el hecho de ser la memoria histórica de sólo un sector de la sociedad (la nobleza) y por lo tanto de su forma de comprender el mundo y de comportarse en él, es decir, conforman parte del *corpus* de la historia oficial²².

Por otro lado los diccionarios son recopilados por los frailes que intentan comunicarse adecuadamente con la población para lograr la incorporación de los “nativos” a la sociedad virreinal de acuerdo a la *policía cristiana* es decir, vivir de acuerdo a la norma católica, por lo que muchas veces las entradas y los ejemplos de uso de los vocablos transmitidos tienen que ver con el contexto de la vida cotidiana de los indígenas en general (si se quiere abordar más el tema, consúltese Hanks, 2010). Es probable que por ello, las entradas en los diccionarios sean mucho más técnicas y prácticas que las mencionadas en los otros tipos de texto consultados. Una vez resaltado esto, comencemos con el análisis:

Es notorio que la cal fue un elemento poderoso que conllevaba prestigio en su utilización como material de construcción; como se puede observar en los pasajes del *Popol Vuh* la primera ciudadela k’iche’ que fue encalada se llamó Chi Izmachi, lugar al que llegaron después de haber fundado al menos dos asentamientos anteriores: Hacavits y

²² La historia oficial no duda para suprimir eventos inconvenientes y modificarlos por otros que les sean más apropiados; no obstante, la mejor estrategia para legitimarse en el poder es atribuirles, a los hechos que se quieren enfatizar, significados simbólicos, de orden político y religioso, a los que comúnmente llamaríamos episodios míticos (Navarrete 1999).

Chi Quix, pero siguieron multiplicándose por lo que tuvieron que migrar de nuevo y fundar Chi Izmachi.

Allí, cuando el pueblo k'iche' estaba unido y era numeroso pudieron “moler su yeso y su cal” para darle aplanados a su ciudad. En Chi Izmachí, dice el *Popol Vuh*, los linajes k'iche' comenzaron a establecer su autoridad y esparcir miedo entre los otros pueblos tomando víctimas para sacrificarlos “ante la cara de su dios sangrador”. Y así reafirmaron su poder y fundaron una nueva ciudad donde los linajes ya eran muchos (24) y eran jefes de numerosos vasallos, es entonces que también fue blanqueada la ciudadela del cañón referida en el texto como *siwan tinamit*²³ (es decir, todo el territorio, no sólo el centro del asentamiento).

Es importante decir que en el texto se establece que la construcción del templo de los dioses, y el hogar de los señores no lo hicieron ellos mismos, sino sus siervos que habían llegado a ser numerosos; no necesitaban raptarlos ni secuestrarlos para el efecto, porque en realidad pertenecían a sus señores que fueron responsables del bien de sus vasallos y realmente amados y tenidos por gran autoridad (Christenson 2007). Así, el encalar la ciudadela y todos los edificios del territorio que controlaban era una demostración de poderío, ya que se necesitaban suficientes súbditos dispuestos a trabajar la cal en cantidades tales como para poder estucar toda la ciudad desde la cima de la montaña hasta los barrancos, lo cual requeriría de grandes esfuerzos para cortar una cantidad enorme de leña, sacar las piedras de la cantera, levantar las pilas donde se quemarían las rocas, recolectar la cal viva (lo cual pudo acarrear quemaduras), apagarla, colarla, hacer los morteros y repellar los edificios. De esta forma la élite debía estar bien establecida y ejercer su autoridad y señorío con fuerza, para guiar a una sociedad que debía trabajar de manera comunal y ordenada.

Por otro lado, como se mostró con anterioridad, la cal viva, “cal amarga” según los rabinaleb', podía utilizarse como forma de castigo por su esencia “caliente”, causante de quemaduras extremas en la piel y mucosas, ya sea como en el caso del rey Job Toh a quien se le carcomió la piel y se le deshacía en pedazos (véase Breton 1999:205 n.154), o como a

²³ El difrasismo *siwan- tinamit* (barranca-ciudadela) indica a todo el territorio sujeto a la cabecera del asentamiento que generalmente estaba sobre la montaña (Breton 1999, Craveri 2012).

quien cegaban echándole cal en los ojos, como en el ejemplo que da fray Tomas de Coto arriba citado.

La cal viva es resultado de un nacimiento a partir de la muerte, y las metáforas sobre el nacimiento y fertilidad inciden en todos los aspectos de la creación de la cal donde el horno vivo es visto como una matriz (Schreiner, 2003). La cal viva que es producida en los grandes hornos circulares (albarradas de leña verde donde se quema la cal) se llama *Sak Chupal* (muchacha blanca) que es producto de una poderosa transformación y a la vez sinónimo de pureza, nacida del fuego. Cómo lo indica el término maya yucateco para quemar cal *chuh ta'an* o para horno *chuh kab*, la piedra caliza o *zah cab tunich*, es ofrecida para su sacrificio al fuego, en una gran hoguera, para obtener la cal viva.

Que la agricultura tropical de roza y quema incluya el fuego introdujo, en la idea de fecundidad, un factor de purificación por aniquilación y limpieza previa que se trasladó a la cosmovisión (Rivera 1995:256). El fuego, potente agente transformador en Mesoamérica, es un vehículo para la transmutación de diversas ofrendas en las columnas de humo y diversas esencias que son alimento de los dioses. Debido a su aspecto transformador y purificador, la acción de encender fuego es visto como un acto divino relativo a la creación del sol, y del mundo (Stone y Zender 2011:157). Al asociar los procesos de transformación, purificación y regeneración, el fuego fue el elemento que propiciaba los cambios en el mundo y así determinaba y vinculaba los diversos ciclos naturales, míticos y sociales (Limón 2001:51). Esta transformación debe ser entendida como un proceso de muerte, viaje al inframundo y renacimiento con una naturaleza diferente (López 1983).

La cal viva debió haberse concebido como una sustancia sumamente caliente, puesto que no sólo se necesitaba una gran pira para su fabricación con horas de quemado, sino que es común hoy en día que los caleros agreguen nueve mazorcas de maíz, con la función de antídoto si algún participante en la fabricación de cal no se hubiese abstenido de tener relaciones sexuales durante el proceso; nueve chiles rojos cuyo color sirve para pedir que el fuego sea muy caliente y cuyo picante le dará la fuerza del calor a la cal (aquí debo apuntar que se puede hacer un paralelismo entre el escozor del chile fuerte y la comezón o la carcoma que se produce en la piel con la cal viva²⁴). Se agrega sal, por

²⁴ Tomas de Coto (1983:101) dice: *u lo[o] chun, o qhabak, ru cohol v'akan*, "la cal, o el lodo, me a comido entre los dedos. Varea escribe: *lalot*, escocer mucho la llaga, picadura de víbora, o punzada de espina, o

último, para pedir por la blancura y pureza de la piedra y además un pelo de la cabeza del maestro calero como correctivo por si un trabajador tiene dos remolinos en su pelo, quienes pueden llamar a un viento que rápidamente esparciría las llamas quitando la fuerza del horno (Schreiner 2003: 483).²⁵

Por ello no es extraño que tanto en el maya yucateco como en el k'akchiquel se relacione el apagado de la cal con la sed, y en particular, en el caso yucateco, con el sentido metafórico de satisfacer el deseo de algo (ya sea, comida, agua, etc.). La cal viva o *Sak Chupal* estaría ávida de agua, ya que un exceso de calor provoca desequilibrios que pueden ser peligrosos para el ser humano, provocando graves quemaduras por ejemplo. Además en un aspecto práctico, no se puede recurrir a la cal viva (sólo como medio de ataque) si no está mezclada con agua para formar hidróxido de calcio que ya puede ser utilizado para el fin que se desee (construcción, nixtamalización, medicina, etc.) y se convertiría así en *Tix Muk' yah k'utz* (dama reforzadora del tabaco)²⁶ que Schreiner (2003:481) identifica como un nombre metafórico para la cal apagada²⁷.

El agua en la cosmogonía de los mayas está relacionada con la destrucción del mundo por una inundación que da como resultado un cataclismo que permitió la aguja, o herida o **chile fuerte**... lo, carcomerse los pies o manos por andar con cal...y Ximénez apunta que *lolot* es dar comezón como la cal (*apud* Breton 1999:365).

²⁵ Además los dos remolinos se asocian a personas con dos cabezas y por lo tanto se tendrán dos personas en el interior, una buena y una mala; también entre los tzutujiles se cree que los niños nacidos con dos remolinos pueden comerse a sus hermanos porque tienen sangre fuerte y creen que tiene *ikim* (ave agorera como lechuga); así mismo, niños con dos remolinos eran sacrificados para pedir por abundancia de lluvias (Cervera, 2007; López Austin y López Lujan, 2010).

²⁶ Es digno de notar que al polvo de tabaco mezclado con un poco de cal y depuesto todo el día entre los labios y las encías le adjudicaban un efecto como estimulante: “[...] y lo muelen y lo enbuelven con vna poca de cal, y esto se meten entre los labios y las enzias y lo traen todo el dia, con lo qual dizen no sienten el frio y les fortaleça el cuerpo y da fortaleza, y curanse con ello algunas llagas [...]” (Relación de Chichicapa ... [Miaguatlan] 1905-06: 130)” (Thiemer-Sachse 2000:200). El *tenexyatl* (voz del náhuatl para el producto de tabaco mezclado con cal) era utilizado como ayuda para el peregrino en el camino y era proporcionado por un sacerdote; también los médicos lo usaban deshaciéndolo entre sus dedos para saber que aquejaba a los enfermos o si lo que uno tenía era incurable, era además cura del dolor de abajo del oído y de la quijada (Ruiz de Alarcón, 1629). La planta del tabaco era la unidad básica del comportamiento ritual y un poderoso aglutinador simbólico (Lilián González, 2009). Su uso como agente a través del cual se podían saber cosas pertenecientes a la sobrenaturaleza y su uso como medicina proviene de la reacción que la cal provoca en las hojas del tabaco favoreciendo la extracción de los alcaloides que propiciaban efectos psicoactivos (Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana, 2009), reacción que sería similar a las hojas de coca mezcladas con cal utilizadas en el área andina.

²⁷ No obstante, el apagado con el agua, una sustancia fría, la cal es vista como una sustancia de naturaleza “caliente” y es utilizada para curar algunas enfermedades como el “gusano de las muelas” enfermedad de naturaleza fría que debe contrarrestarse con elementos de “temperatura” contraria como el chile, sal, ceniza, tabaco y cal (Cruz 2012).

construcción de un nuevo orden en el mundo. Así, el caimán celeste causante de la inundación que termina con el tiempo, es decapitado y su cuerpo utilizado para formar la superficie terrestre, después los Bacabes separan el cielo de la tierra y el inframundo sosteniéndolo por las cuatro esquinas; así el agua indica muerte y paso a un estado diferente, la capacidad de reaparecer, renacer, bajo una condición o una forma nueva. El agua como un camino hacia el inframundo significa destrucción, “retorno a la indeterminación original” (Rivera 1995:) y resurrección puesto que el agua también es vida (Rivera 1995, Velásquez 2006, Libros del Chilam Balam de Chumayel 2008). La superficie terrestre entonces está sobre un mundo acuático, representada (por lo menos en el Clásico) por bandas acuáticas que son identificadas como la superficie del inframundo acuático (véase Tokovinine 2008:123; Acuña 2007; Hellmuth 1987) y el agua en sí misma (*ha'*) está representada por el lirio acuático (Stone y Zender 2011).

REFLEXIONES FINALES

Entonces, en mi opinión y después de analizar los datos arriba expuestos, concluyo a partir de las investigaciones citadas con anterioridad, que para producir cal apagada, la cual es ya utilizable para diversos fines, se tiene que completar un ciclo de dos muertes y renacimientos, causados por el fuego y el agua, en ese orden. A continuación expongo mi argumentación:

Cuando se sacrifica la piedra caliza, en una pira de fuego, la fuerza de la piedra se muere para renacer como *Sak Chupal*, la muchacha blanca, la cal viva que es sumamente caliente y por lo tanto con un desequilibrio, por ello *Sak Chupal*, en su calidad de “cal amarga” quema a los hombres y puede ser utilizada como “arma”.

Para contrarrestar este calor *Sak Chupal* debe ser muerta, apagada, con agua. El agua como camino al inframundo lleva a la muchacha blanca al lado frío del universo, donde se transforma y renace, en este mundo, como *Tix Muk' yah k'utz*, la dama reforzadora del tabaco. Esta mujer, ya presenta un equilibrio entre sus fuerzas y puede ser utilizada por el ser humano para crear, para alimentarse o como medicamento. Cuando la cal endurece nuevamente, se llega al estado primigenio (piedra caliza, pero ahora como estuco modificado por el hombre) donde el ciclo puede, teóricamente, volver a empezar.

La conjunción entre calor y frío traen a la mente la conformación del tiempo y la relación entre opuestos fuego/agua, vida/muerte, masculino/femenino,

germinación/madurez, etcétera; expone no sólo su alternancia sino la creación de contrarios: “Las fuerzas de la muerte, de la oscuridad y de la humedad, representadas por la mujer preñada, son las que crean la etapa de la vida; las fuerzas de la vida, de la luz solar y de la sequía, representadas por el guerrero, son las que producen la etapa de la muerte” (López, 1995:233). La cal viva, la muchacha blanca y pura entonces sería comparable al guerrero, y la cal apagada o la dama reforzadora del tabaco, sería comparable a la mujer preñada que parirá lo nuevo.

El proceso de fabricación de la cal es comparable a las acciones que se llevan a cabo en el temazcal que consisten en someterse a calor intenso y después darse un baño de agua fría (cfr. Alcina, Ciudad e Iglesias, 1980) y se pueden encontrar pasajes similares de fuego y agua en las fiestas guardadas en el mes de Marzo o *Mac* según Landa (1959:79), en la fiesta de *Chuntal Catuz* (De Vos, 1990: 151 *apud* Bernal 2011:369) y puede verse una representación de un sacrificio que muestra las dos partes del cosmos en el vaso inciso K3844²⁸. Así, no sólo el proceso de quema de la piedra caliza se inserta dentro de la religiosidad y cosmovisión mesoamericana, sino todo el proceso de factura que desemboca en la creación de algo nuevo hecho por el hombre pero coadyuvado de las fuerzas de la sobrenaturaleza.

Por otro lado, respecto a los aspectos mundanos de la fabricación de la cal y su uso podemos discernir, a través del legado de los frailes en sus diccionarios, que los mayas tenían un conocimiento especializado en el manejo de este material. El que hayan registrado un gran número de entradas referentes al uso y manejo de la cal es una muestra clara de que estaban interesados en su saber al respecto.

Estos registros nos permiten ahora entender un poco más de la cadena productiva que se llevaba a cabo para realizar estucos en los siglos del Virreinato, cadena que muy posiblemente fue heredada desde época precolombina puesto que lo registrado son procesos tradicionales que a veces pueden ser reconocidos en terreno arqueológico.

²⁸ El vaso inciso K3844 muestra en una escena ritual un incensario donde hay un bebé sacrificado acompañado por los logogramas de *yax* y *k'an*, inmaduro/maduro, verde-azul/amarillo indicando transmutación y pureza (Stone y Zender 2011:157), aunque pueden indicar también la conjunción de los pares complementarios fuego y agua, caliente y frío y por lo tanto la plenitud e integridad.

DZIBANCHÉ

CARACTERIZACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO

Dzibanché se encuentra al sur del estado de Quintana Roo (18°38'18.84"N 88°45'38.67" O) cerca de la frontera con Campeche. El acceso al sitio es por la carretera Federal 186 que conecta Villahermosa, Escárcega y Chetumal; de allí se toma la desviación al pueblo de Morocoy (Nalda, 2000) (II.3).

En el paisaje de esta región las casas y centro cívico-religiosos forman un continuo en el cual pareciera que el territorio prehispánico del sur de Quintana Roo fue un espacio homogéneo e ininterrumpido de conjuntos habitacionales, huertos y dominios comunales separados por bardas. Los montículos de edificios se encuentran en terrenos donde se realizaban actividades cotidianas y donde, a su vez, se cultivaban plantas y árboles que necesitaban cuidados especiales; después de estas áreas los mayas tenían sus campos de cultivo. Para el Clásico tardío y terminal, se estima que la población de la región debió haber ascendido a un millón de mayas (Nalda *et al.*, 1994).

La geología de la región es típica de la península de Yucatán: piedra caliza y materiales calcáreos suaves (*sascab*) que alternan con depósitos de yeso. La base de la secuencia está conformada por un depósito con un espesor máximo de 1000 m de rocas evaporíticas carbonatadas del Paleoceno. Estas rocas están expuestas en un cinturón norte-sur desde el pueblo de Dzibalchen en la porción centro-este de Campeche en la región Chenes hasta la frontera con Guatemala al sur (UNAM, 1992; Bueno Cano, 1999:19).

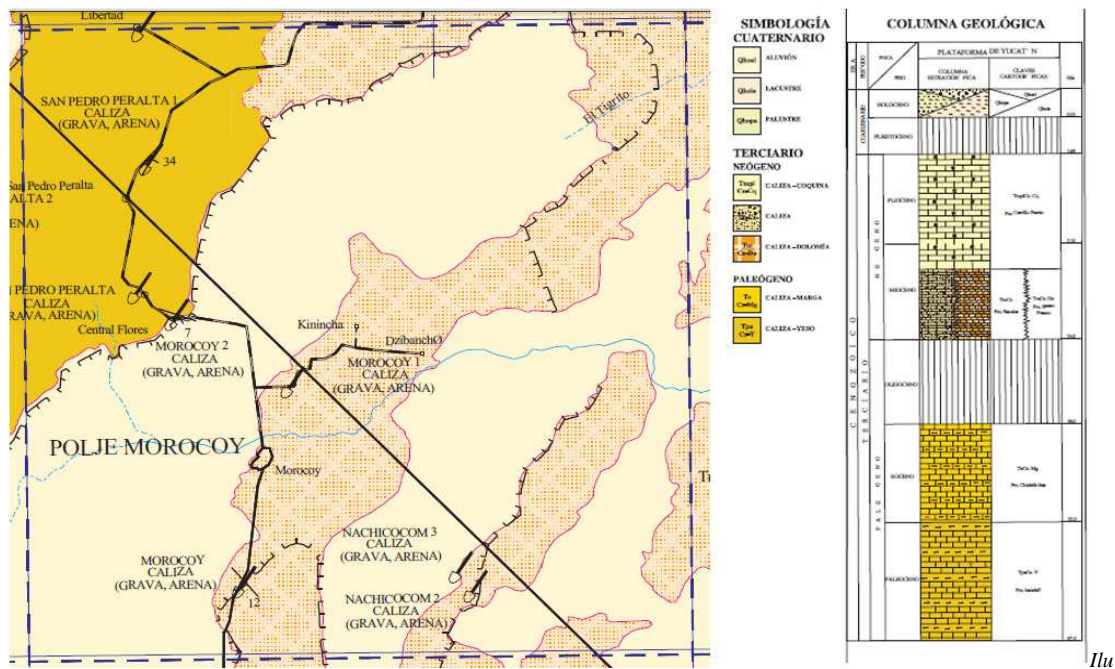
En la base de la secuencia geológica aflora una sucesión de cuerpos de yeso de gran espesor denominados Formación Xpujil, también conocida como las evaporitas de Yucatán. El resto de esta formación está constituida por una secuencia de caliza microcristalina estratificada con textura *mudstone*, con cambios de facies de limos y lutitas. Esta formación también exhibe anhidrita y yeso con horizontes arcillosos escasos e intercalaciones de calizas hacia la superficie de la unidad (Castro Mora, 2002:44).

Cubriendo al yeso se presenta una secuencia compuesta por caliza y dolomía que llega a presentar fragmentos de pedernal. “Dicha secuencia se conoce con el nombre de formación Icaiché, definida por Sapper como una alternancia de caliza blanca, marga y yeso” (Castro 2002:43). La formación Icaiché está formada por una potente secuencia de caliza estratificada y ocasionalmente masiva, de textura *mudstone* con raros fragmentos de

sílice coloidal, y algunos cambios de facies hacia limos y arcillas, presenta también halita en su composición (Castro 2002:44; CONAGUA 2007).

Arriba de esta formación se encuentra la formación Chichen Itzá que data del Eoceno y está compuesta por calizas y margas. El siguiente paso de la secuencia consiste en dos formaciones del Mioceno: La formación Bacalar que se constituye sólo por calizas y la formación Estereo-Franco que está formada por calizas y dolomitas. La formación Carillo Puerto que está en la parte superior de la secuencia consiste en calizas y coquinas. No obstante, cubriendo a todas las unidades indistintamente se encuentran limos y arcillas aluviales, deposiciones lacustres de material orgánico mezclado con arcillas y limos y pantanos o bajos formados por limos, arcillas y una gran cantidad de materia orgánica (López-Ramos 1974: 56-57; Castro-Mora, 2002: 46; Carta Geológica Minera Chetumal E16-4-7, 2005). Dzibanché se estableció en un afloramiento de la formación Estereo-Franco cerca de importantes depósitos aluviales y lacustres (II.1)²⁹.

²⁹ Nalda (2000b:41-42) dice que los suelos de la región se han desarrollado a partir de las calizas de la formación Icaiché, pero la carta geológico minera Chetumal E16-4-7 señala que el emplazamiento está sobre un afloramiento de la formación Estero Franco. Por otro lado, dice que los componentes de esta formación que afloran en el terreno son rocas porosas de baja compactación y otra más compacta, además de sascab. Sin embargo, lo que generalmente aflora no es la roca de las formaciones sino sus productos de intemperismo: el sascab y caliches; generalmente el caliche forma capas gruesas de carbonatos recristalizados y duros sobre el sascab suave (Guillot, 2014) lo que coincide con la descripción que da Nalda para los materiales calizos de superficie.



stración 1: Detalle de Carta Geológica Minera Chetumal E16-4-7

Esta región tiene un clima tropical semihúmedo con una temperatura promedio de entre 26 y 27°C siendo la máxima 33°C y la mínima 17°C. La precipitación anual promedio es de 1300 mm. Las principales fuentes de agua son formaciones naturales o culturalmente modificadas llamadas aguadas que son depresiones naturales selladas con arcillas, lo que previene que las calizas absorban el recurso. La vegetación corresponde a una selva semicaducifolia que generalmente es llamado “monte alto” con una altura promedio de entre 12 y 15 mts. Las especies incluyen cedro (*Swietenia macrophylla*), chicozapote (*Manilkara zapota*), zapote (*Diospyros digyna*), ramón (*Brosimum alicastrum*), copal (*Protium copal*), guaya (*Melicoccus bijugatus*), pukté (*Bucida buce- ras*), palma de guano (*Sabal spp.*), chechén (*Metopium brownei*), y chacá (*Bursera simaruba*). Las zonas deforestadas se ocupan por vegetación secundaria como los guarumbos (*Cecropia mexicana*) y los árboles de papaya (*Carica papaya*). Las áreas menos drenadas se cubren de una vegetación más baja. Esta abundancia de vegetación y humedad promueve una gran cantidad de fauna que incluye una gran variedad de mamíferos, reptiles, aves e insectos (Bueno-Cano, 1999:21-22; Castro-Mora, 2002: 22).

Por otro lado, los carbonatos que se encuentran bajo los suelos de la región no son, generalmente, las rocas de las formaciones geológicas sino depósitos de alteritas con

menor o mayor grado de consolidación. Generalmente la parte superior de los estratos rocosos está conformado por bolsas o bancos de caliza no consolidada con espesores variables de entre 2-5 metros (sascab) que generalmente está coronado por una losa de caliza dura, que tiene espesores hasta de 1.5 mts (laja o caliche). Su formación está condicionada por procesos de disolución y re-precipitación que son moderados por la cantidad y la acidez del agua (el pH se eleva al atravesar los sustratos pedológicos enriqueciéndose de CO₂ y ácidos orgánicos) y la porosidad de los suelos y estratos calcáreos (Estrada *et al.* 2010, Silverstein *et al.*, 2002, Guillot, 2015; Guasch, 2009) (II.2).

Para el sascab se han propuesto 4 diferentes orígenes: limos depositados por ríos que han erosionado el terreno, sedimentos erosionados de la Montañas Mayas que formaron un abanico costero y que después emergieron, deposiciones someras a lo largo de la costa o la profunda intemperización de roca caliza (saprolitos), esta última la que parece más probable (Johnson, 1983; Beach *et al.*, 2003, 2008).

El caliche, la laja de carbonatos litificados sobre el sascab, puede medir de centímetros a metros de espesor y presenta una gran complejidad. Se forma por una redistribución vertical de los carbonatos y su concentración entre la interfase de la roca parental y el suelo a partir de una combinación de procesos diagenéticos y pedogenéticos; así, pueden formarse por la alteración de la caliza parental, precipitación de nueva calcita y una combinación de ambas (Scholle *et al.*, 1989). Se caracterizan por ser costras laminadas e irregulares con rizoides, peloides diagenéticos, ooides y pesoides, brechas, carbonatos micríticos, poros formados por disolución y vacuolas (Scholle *et al.*, 1998:168)³⁰.

³⁰Scholle *et al.* (1989:168) describen las características del caliche en lámina petrográfica: son desordenados o en capas, formados principalmente por micrita peloidal con canales y fisuras llenas de microesparita. Tienen una “textura flotante” de partículas inmersas en una matriz micrítica. Además de la micrita, hay calcita acicular de algunas a decenas de micras de largo. Pueden ser un “tejido” con orientación azarosa y puede encontrarse en huecos dentro de la laja de caliche.

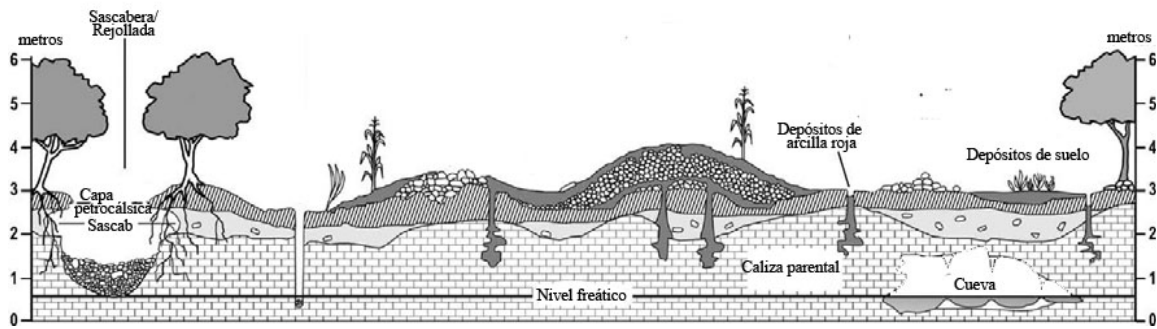


Ilustración 2: Composición del Paisaje. Laja, sascab y material parental. Tomado y modificado de Guasch, 2009:19

En específico, Dzibanché se encuentra en una zona rodeada de bajos con suelos profundos que se inundan con las lluvias, no obstante hay lomas con suelos bien drenados y delgados. En la región hay dos arroyos de temporal: El Tigrito que alimenta la laguna Noh Bec, y el Ucum que aflora en el sureste de Campeche y que desemboca en el Río Hondo a la altura del poblado Juan Sarabia. Además, este último marca el límite del sitio y pasa cerca de la Aguada de los Patos que es un depósito de agua de 200 por 100 mts. aproximadamente. Parece que el acceso a este recurso fue uno de los factores para emplazar el primer asentamiento en éste el lugar. En otras secciones del sitio los asentamientos también se realizaron junto a aguadas que cubrían las necesidades de su población (Nalda 2000b).

El manto edáfico de la zona es característico de la península de Yucatán y es importante estudiarlo porque el sistema de formación de suelos controla el proceso de deterioro de las calizas y estucos, y en ocasiones los materiales que conforman los suelos son incorporados a las mezclas de cal. Las investigaciones de suelos en Yucatán por Bautista-Zuñiga *et al.* (2004) y Bautista y Palacio (2005) demuestran que hay una diferencia contrastante entre suelos a muy corta distancia, situación que está controlada por la geomorfología kárstica de la región; no obstante dominan las Rendzinas poco profundas bajo las cuales se encuentra el material parental calcáreo. En Quintan Roo, las Rendzinas (Phaeozemas Lépticos y Leptosoles Rendzicos) son delgadas con un gran contenido de humus y una estructura granular bien desarrollada. Estos suelos poco profundos demuestran un gran intemperismo en los materiales minerales: lixiviación de carbonatos caracterizado por la acumulación de arcillas caolinitas y vermiculitas (más del 80%) y

óxidos de hierro (extraíbles con ditionito de sodio) pedogénicos (3-4%) (Sedov *et al.*, 2008).

Cabadas *et al.* (2010) reportan que en los suelos estudiados en Quintana Roo es dominante el material arcilloso pigmentado con óxidos de hierro en horizontes B y pigmentado por humus pardo en horizontes A y que además en todos los horizontes encontraron nódulos de hierro de diferentes tamaños (la mayoría del hierro encontrado es cristalino). Los bloques de calcita del material parental están separados por poros grandes que se han ensanchado por disolución y que están rellenos con un material arcilloso rojo. Las fracciones que componen al suelo son arenas y arcillas.

La fracción arenosa tiene minerales negros con hábito tabular redondeados o prismáticos formados de hematita e ilmenita; granos café rojizos consistentes en nódulos de óxidos de hierro, principalmente goethita. Los minerales negros se encuentran en abundancia en los horizontes superiores, mientras que los nódulos de óxidos de hierro en los inferiores. Junto con los granos de cuarzo conforman la mayoría de los componentes de la fracción arenosa. Además hay minerales volcánicos como plagioclasas y vidrio volcánico en los horizontes Bt2 y Bt1 respectivamente. Componentes minerales que conforman menos del 5% de la fracción son monacita, micas, anfíboles, piroxenos, encontrados en los horizontes medios y superiores, así como fitolitos, polen y carbón encontrados en el horizonte A (Cabadas *et al.*, 2010:10). La fracción arcillosa está compuesta por caolinita, mica, vermiculita, goethita, ilitas y esmectitas (Cabadas *et al.*, 2010:10-11).

Pero, ¿de dónde vienen estos componentes considerando que el material parental consiste de calcitas y dolomias sedimentarias con pocas arcillas?

Los mismos autores consideran que el mecanismo es complejo y heterogéneo y que los materiales alóctonos dada la relación Zr/Ti los materiales pueden provenir de los volcanes de América Central y Antillas, de El Chichon, y polvo del Sahara. La composición de la fracción arenosa indica un origen alóctono: los minerales volcánicos (vidrio, plagioclasas, anfíboles y minerales opacos) pueden provenir de caídas de ceniza de vulcanismo de América Central. Los minerales de origen granítico: granates, feldespatos, micas, epidotas, zircones, monazitas y posiblemente algo de cuarzo proviene de las rocas plutónicas y metamórficas del bloque Maya, aunque otra posible fuente son

los depósitos sedimentarios de Santa Rosa en Belice ricos en granates y feldespatos potásicos. Además, parte del cuarzo encontrado puede provenir de las rocas parentales, aunque por su tamaño el transporte eólico es posible y puede provenir del polvo del Sahara dado que los vientos dominantes son del Este. Por otro lado, la formación de arcillas y óxidos de hierro como la hematita indican un grado mayor de intemperismo de los minerales antes mencionados ya que no se encuentran en grandes cantidades en las rocas parentales. Y además se encuentran varios rasgos pedogénicos que consisten en arcillas iluviadas en los carbonatos del horizonte BC (Cabadas *et al.*, 2010:14-15).

En el caso de Dzibanché, Nalda (2000b) reporta que los suelos desarrollados en el sitio son de dos tipos básicos: las rendzinas y los vertisoles (llamados localmente *ak'alche*). El primero se encuentra en terrenos altos bien drenados y son poco profundos pero fértiles; el segundo tipo se encuentra en las depresiones y son más profundos y plásticos, con potencial agrícola. Además se encuentran nitosoles (conocidos localmente como *ya'ax-hom*) en áreas planas intercerriles. Tienen una gran calidad tanto física como química así como biótica y agronómica, permitiendo su utilización eficiente en los huertos mayas tradicionales (Flores- Delgadillo *et al.*, 2011). No obstante la agricultura moderna no puede superar las limitaciones de la poca profundidad y la gran variabilidad en los espesores del suelo.

ARQUEOLOGÍA DEL SITIO

La información presentada en este apartado procede mayoritariamente de los trabajos de Nalda y Balanzario quienes son los arqueólogos que han trabajado el sitio desde hace años (cfr. 2005, 2007, 2008a, 2008b, 2010 y 2014). Empero, los datos

presentados sobre las observaciones

macroscópicas de la técnica de manufactura de los estucos son míos;

además de que algunos datos del estado de conservación también fueron recabados por mí en

gran parte de 2011 y en consecuentes visitas en 2012 y 2013, mientras que

otros fueron obtenidos de los informes de los restauradores que

trabajaron allí a partir del 2012, así como de los informes presentados al

consejo de arqueología presentados por la Dra. Sandra Balanzario.

Dzibanché fue descubierto en 1927 por

Thomas Gann; allí, en el Templo VI encontró el dintel de madera que da nombre al sitio. Después, en 1929, es posible que Lindbergh haya sobrevolado el sitio con la Carnegie Institution, pero es difícil saberlo por la falta de referentes geográficos. En 1931, Gann regresó a Dzibanché donde encontró una pequeña pieza de jade con la fecha 909 d.C. que,



Ilustración 3: Ubicación del sitio de Dzibanché en la Península de Yucatán.

junto con la de una estela de Toniná, es una de las fechas de cuenta larga más tardías. No obstante después de algunos trabajos en la región como los de Lizardi, hacia 1937, esta región fue olvidada e incluso se había perdido la ubicación de los sitios más grandes como Dzibanché. Peter Harrison, en 1972, llegó a Quintana Roo para hacer recorridos de área y revisitó el sitio: al reconocer su dintel de madera lo recorrió todo elaborando un plano de distribución y realizando algunos pozos de sondeo. Después, en 1993-1994, se desarrolló el proyecto Sur de Quintana Roo con excavaciones en Kohunlich, Dzibanché y Kinichná que continuaron durante casi dos décadas. El proyecto dirigido entonces por Enrique Nalda logró un programa de mapeo, exploración intensiva y extensiva, la restauración arquitectónica de los edificios principales y estructuras periféricas (Nalda y López, 1995; Velázquez, 2000). En la actualidad, el proyecto arqueológico de Dzibanché es dirigido por la Dra. Sandra Balanzario

Dicho asentamiento consiste en espacios ceremoniales, cívicos y áreas residenciales concentradas en cuatro grupos con arquitectura monumental: el Grupo Principal (Img. 4), Kinichná, Tutil, y Lamay conectado por una extensa red de caminos o *sacbes*. Estos grupos constituían una entidad integrada y entre ellos hay un continuo de unidades habitacionales dispersas, interrumpido sólo por aguadas y terrenos bajos inundables (Nalda, 2004b). El Grupo Principal de Dzibanché consiste en edificios monumentales, juegos de pelota y unidades habitacionales de élite; sobre la construcción de las estructuras del sitio, cabe destacar el hecho de que construían canaletas de piedra para drenar el agua de las azoteas de los cuartos (Nalda, 2000a: 54).

En el Clásico temprano las construcciones eran de filiación petenera: cuerpos con molduras en delantal, esquinas redondeadas y remetidas, templos con cuartos angostos y anchos muros sobre los que se apoyaban cresterías masivas decoradas con estuco; arreglos tripartitas y escaleras voladas flanqueadas por mascarones (Nalda, 2000a). Sin embargo, a partir de mediados del siglo VI (450-500 d.C.) aparece un nuevo estilo local que tiene una corta duración, ya que desaparece a principios del VIII. Los rasgos fundamentales de este nuevo estilo se resumen en los incisivos siguientes: a) templos de dos crujías con cresterías altas apoyadas en la mitad posterior del templo, que no son sólidas por efecto de una prolongación de la bóveda de la crujía interna; b) debido a esta prolongación, la bóveda interna tiene una especie de tapancos que se ubican en ambos extremos de la crujía cuya

función es evitar el desplome de sus muros; c) la decoración de los paramentos externos de los templos consiste en paneles enmarcados por pilastras pareadas dispuestas entre la moldura superior y la base del templo; d) los templos de Dzibanché que se construyeron en este estilo rematan basamentos monumentales de tres o cuatro cuerpos con una ancha escalera principal (cf. Nalda y Balanzario, 2008b).

Nalda y Balanzario (2008b) concluyeron que el estilo mencionado con anterioridad parecía haber coincidido con una época de esplendor de Dzibanché que estaba liderado por un personaje de alta jerarquía y que a pesar de ello, esta etapa tuvo un fin brusco y violento. Junto con este proceso habría tenido lugar una paulatina extinción de su influencia al tiempo que su población se habría reducido significativamente como la actividad constructiva; de igual modo, los contactos con áreas vecinas en el siglo VIII parecerían haberse resistido a adoptar diseños y propuestas iconográficas de áreas como Río Bec, del centro y norte de Yucatán, e incluso de sus vecinos más próximos.

Durante las temporadas de campo del 2008 y 2009 se realizaron exploraciones extensivas en los complejos arquitectónicos de la Pequeña Acrópolis y de Plaza Pom, junto con una nueva exploración en el Edificio 2 (Il. 4), Templo de los Cormoranes, edificios que presentan importantes vestigios de relieves o aplanados en estuco y a los cuales se aboca este trabajo.

Después de estas excavaciones, Nalda y Balanzario (2014) modifican la interpretación anterior a la luz de los nuevos hallazgos de residencias y edificios administrativos monumentales que, sin duda, significan una nueva percepción en torno a la dinastía Kan. Estos hallazgos “hacen de Dzibanché un sitio de gran importancia aun después de la supuesta reubicación de la dinastía Kan en Calakmul. [Y] cuestionan, de hecho, la idea de una reubicación de esa dinastía en Calakmul, al menos tal y como hasta ahora la habíamos pensado” (Nalda y Balanzario, 2014: 196).

Ellos también apuntan a que en Dzibanché hubo enfrentamientos de diversa índole, los cuales apuntalan la lectura de una presencia amplia de la dinastía Kaan, en tanto que (y valga la cita extensa):

Existen evidencias que sugieren que en Dzibanché, a comienzos del Clásico tardío (hacia 700 d.C.) se confrontaron grupos de intereses antagónicos. Si uno se atiene al hecho de que los rostros de los personajes portadores de símbolos asociados al poder fueron totalmente destruidos en el friso del Juego de Pelota 2, mientras que el único individuo de estatus menor

en ese mismo friso fue respetado (Figura 20), es posible inclinarse hacia la posibilidad de que el enfrentamiento no fue entre grupos de poder integrantes de uno o de diferentes grupos dinásticos, sino entre la élite gobernante y lo que podríamos llamar la base social. Esta idea está reforzada por el hecho de que ninguno de los cautivos encontrados en el Edificio de los Cautivos de la Plaza Gann de Dzibanché sufrió agresión alguna a pesar de que seguramente estuvieron a la vista en la época en que se dieron los enfrentamientos de inicio del Clásico tardío. Una suerte diferente, por cierto, habría tenido el estuco del Clásico medio del personaje con cuerpo de jaguar reticulado portando antorchas cruzadas en el Edificio T2 de Tutuil: su rostro, y sólo su rostro, fue destruido en su totalidad como lo fueron los personajes en el friso del Juego de Pelota 2 [...]

Es innegable, por tanto, que en el Clásico tardío debió haberse producido en Dzibanché (y seguramente en toda la región, dada la importancia de Dzibanché en esa época) una desestabilización política y un consecuente sentido de inseguridad que habría orillado a algunos de los sitios de la región a buscar aliados y protección en otros lugares. Kohunlich habría sido uno de esos sitios. Ese sería el momento de la intrusión de la cultura material asociable a la región del Río Bec. Se trataría sin embargo de una crisis de corta duración aunque de fuerte impacto en la región, pero de la cual Dzibanché se recuperaría pronto, con permanencia o ausencia de la dinastía Kan en el sitio, o, más probablemente, con una rama de esa dinastía asentada en Dzibanché (Nalda y Balanzario, 2014: 200).

Esta última afirmación la realizan con base en el descubrimiento de un fragmento de cerámica del Clásico tardío el cual, según lecturas de Erik Velásquez, da cuenta de un *kalomte* de la dinastía Kaan y su hermano. Las investigaciones de Nalda y Balanzario señalan así que en el Clásico tardío había “más de un personaje asociado a la dinastía Kaan y que uno de ellos, quizás el descrito en la vasija como hermano mayor, vivía en Dzibanché” (Nalda y Balanzario, 2014: 198). Por ello deducen que no sería extraño que en el siglo VII la dinastía Kaan se hubiera escindido y que los que ostentaban el poder en Calakmul como *k'uhul ahau* fueran sólo una rama. La ruptura de la dinastía, proponen, no sería violenta puesto que la forma de referirse a los dos personajes en la vasija es incluyente (Nalda y Balanzario, 2014: 198-200). Así pareciera que Dzibanché permaneció con un papel prominente, relacionado con la dinastía Kan, que se pudo haber prolongado todo el siglo VII y VIII, para después perder importancia en la región y convertirse en un asentamiento pequeño, que se extingue en el Postclásico tardío.

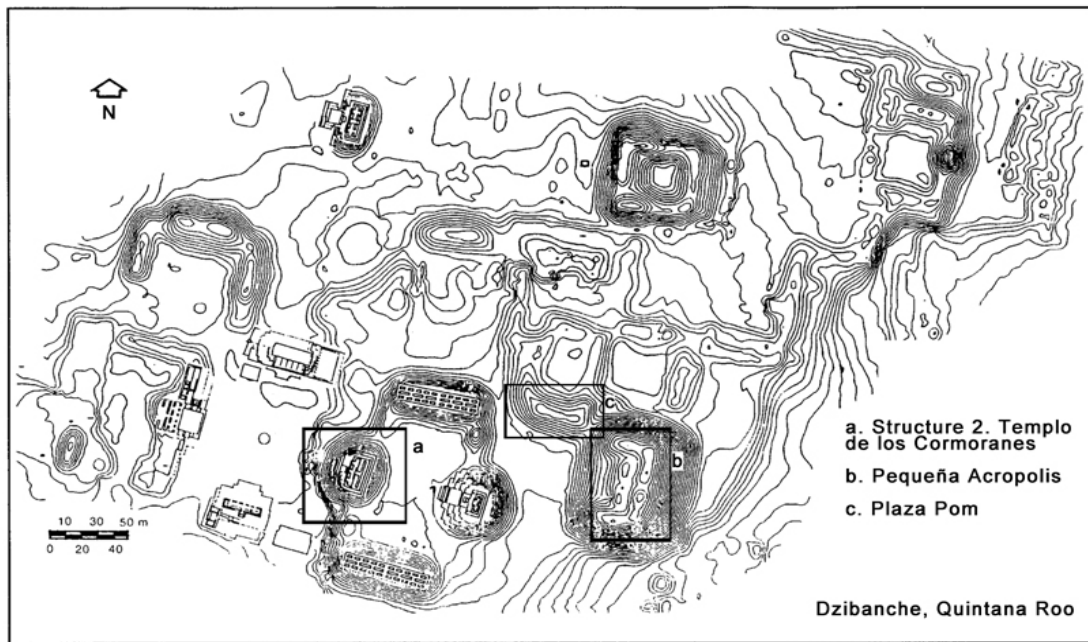


Ilustración 4: Grupo Principal. Edificios muestreados. Tomado y modificado de Nalda y Campaña, 1998:51

II

PEQUEÑA ACRÓPOLIS

El complejo arquitectónico conocido como Pequeña Acrópolis se localiza al este de la Plaza Xibalbá. Está formado por un conjunto de cuatro edificios administrativos. La calidad técnica y su sistema constructivo datan a dicho complejo entre las últimas décadas del Clásico temprano y la fase temprana del Clásico tardío (550-600 d.C.). El edificio principal, al este, tiene dos galerías y nueve accesos en su fachada principal y está flanqueado por dos edificios, al norte y al sur, colocados perpendicularmente al primero en un eje este-oeste, formando un plano en forma de “C” (Il. 5). En una segunda etapa constructiva, enfrente de la plaza que se formaba, se construyó un cuarto edificio, al centro, que data del Clásico tardío (600-700 d.C.), formado por una galería con el acceso en su fachada; este edificio no tiene restos de estuco visibles. Además de ello es posible observar, en algunas áreas de los estucos, algunos graffitis que datan del Postclásico tardío realizados por los habitantes de Dzibanché que habían abandonado los edificios de mampostería pero aún residían en el mismo sitio (Nalda y Balanzario, 2014 y Straulino *et al.*, 2013).

La posición de la Pequeña Acrópolis en relación a las plazas más importantes del grupo principal de Dzibanché indica que el grupo dinástico que tuvo el poder en la víspera del Clásico tardío en esta región, la dinastía Kaan, utilizaba este espacio con funciones administrativas. La ausencia de banquetas y materiales de uso doméstico dentro de las galerías de los palacios parecen confirmar la función de este complejo arquitectónico (cf. Nalda y Balanzario, 2008a) (Il. 5).

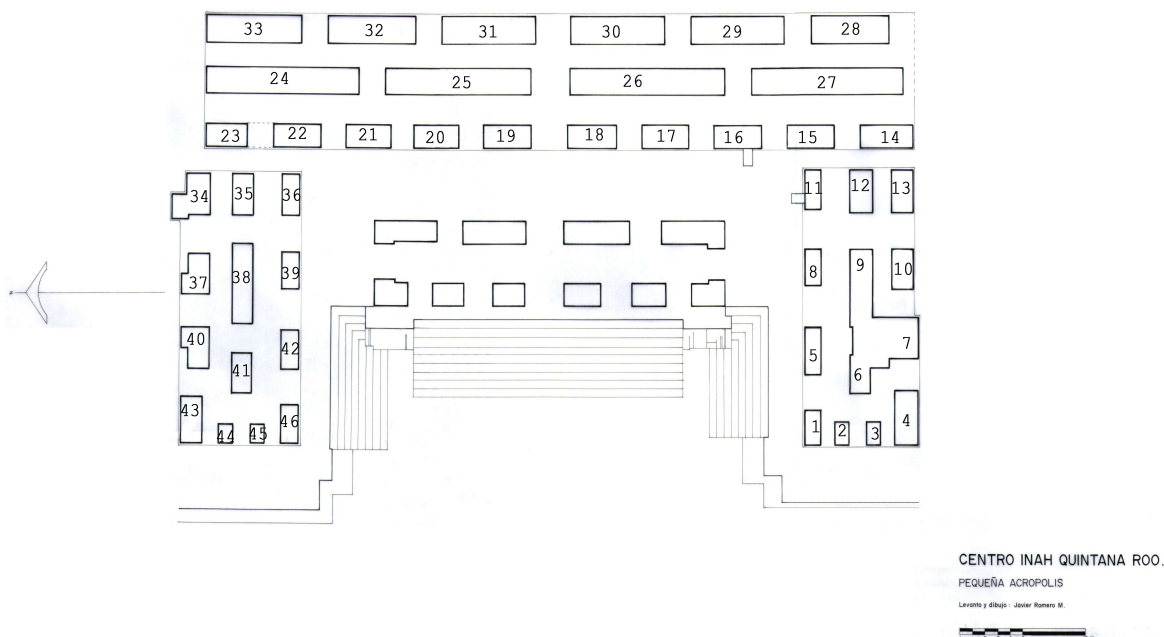


Ilustración 5: Plano de Pequeña Acrópolis. Cortesía del Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y K'uhulich. Proporcionado por la Dra. Sandra Balanzario.

PLAZA POM

Plaza Pom es un complejo habitacional de élite localizado al noroeste de la Pequeña Acrópolis y está compuesta por cuatro edificios ordenados alrededor de una plaza central. El edificio más grande es el palacio sur, que preside todo el grupo completo sobre un basamento muy alto con dos cuerpos inclinados. Este palacio consiste en dos galerías con un eje este-oeste delimitado por dos cuartos perpendiculares (eje norte-sur). El acceso se halla sobre una amplia escalera que está adosada a la pared oeste del basamento y es sumamente restringido, lo que aunado a su monumentalidad sugieren que ésta era una residencia de élite; un glifo (*k'uhul ahau Kaan*) encontrado en el derrumbe de la fachada, conecta este complejo arquitectónico directamente con la dinastía Kaan (Nalda y Balanzario, 2014 y Straulino *et al.*, 2013) (Il. 6).

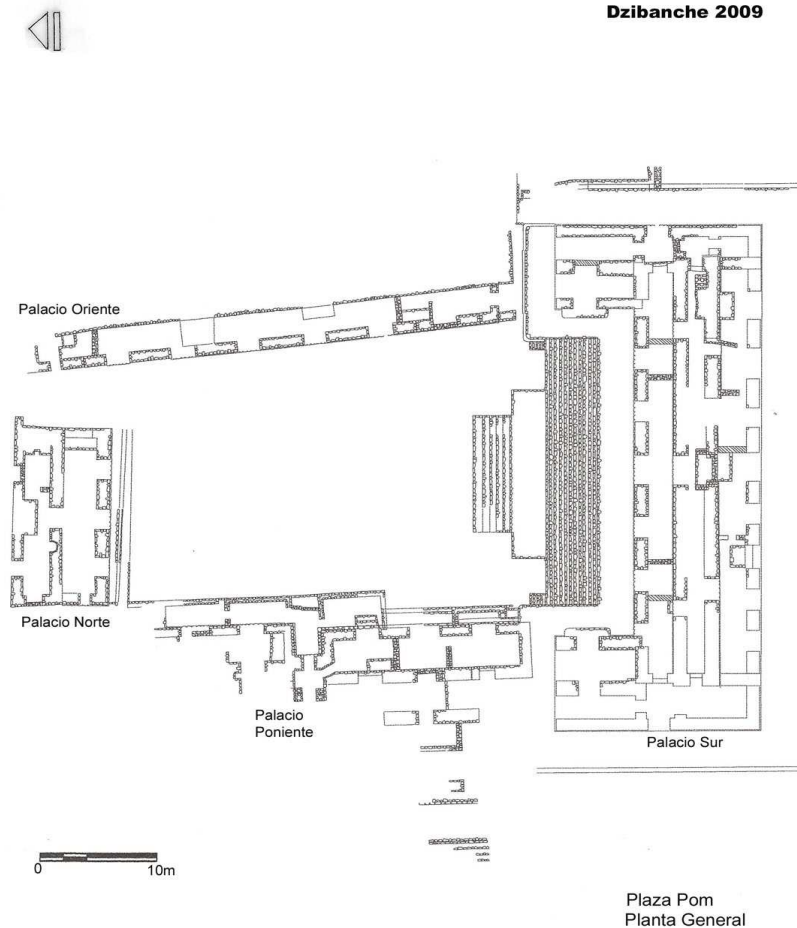


Ilustración 6: Plano

de Plaza Pom. Cortesía del Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Proporcionado por la Dra. Sandra Balanzario.

ESTRUCTURA 2, TEMPLO DE LOS CORMORANES

Al sureste de la Plaza Pom se encuentra uno de los más importantes y altos edificios de Dzibanché: la estructura E-2, Templo de los Cormoranes. Fue construido como un monumento funerario asociado a la dinastía Kaan, con seis cámaras abovedadas en su basamento y seis etapas constructivas (450-700 d.C.), parece que a cada etapa corresponde un enterramiento (Il.7). Los paramentos de las dos primeras, TT2 y TT1, pudieran haber estado contruidos con un diseño de paramento de “doble moldura con base ataludada”³¹ y rematados con templos de material precedero. La tercera etapa con esta solución en el basamento, TT3, corresponde a la edificación del templo de dos crujías que

³¹ Esta terminología se tomó del trabajo de Nalda y Balanzario donde se asegura que este tipo de talud-tablero no es un elemento estilístico teotihuacano, sino una transformación local del diseño de friso trapezoidal-muro ligeramente desplomado, que eran comunes los edificios mayas del Clásico temprano (cfr. Nalda y Balanzario, 2007).

se aprecia hoy día y está edificado con el estilo local de pilastras pareadas mencionado con anterioridad (Nalda y Balanzario, 2007; 2008a).

En una cuarta etapa, TT4, el basamento fue ampliado, aunque el templo permaneció sin cambios, la nueva escalera cubrió la de TT3 así como la moldura superior de la plataforma del templo. TT5 corresponde a una etapa en la que se tiende la escalera de la cual se conservan los escalones más bajos en el basamento. A una posterior corresponde la construcción de una pequeña plataforma adosada a esta última escalera; mientras que la evidencia, en los cuerpos más bajos del basamento, de dos paramentos sugiere que hubo una etapa constructiva, TT6, que no llegó a concluirse. Las escaleras de cada etapa constructiva habrían tenido como función, no sólo posibilitar el acceso al templo, sino esconder las cámaras de inhumación que iban construyendo a lo largo del tiempo (Nalda y Balanzario, 2008a).

En 4 de estas cámaras se encontraron restos de individuos con ofrendas lujosas compuestas de recipientes polícromos, máscaras y ornamentos de jade (collares, brazaletes, orejeras) y conchas *Spondylus sp.* Esta marcada uniformidad en el sistema de enterramiento y en la arquitectura de las cámaras y en el contenido de las ofrendas, postula la existencia de un grupo de élite homogéneo, que es consistente con la idea de que en las fases tardías del Clásico temprano la dinastía Kaan tenía como cabecera Dzibanché (Martín y Grube, 2002; Nalda y Balanzario 2008a).

Como los individuos enterrados en el Edificio 2 tenían un estatus equivalente es posible que los otros individuos fueran también gobernantes o personajes muy cercanos, elegibles para el título de *ajaw* o *k'uhul ajaw*; entre ellos se encontraba un esqueleto con un punzón sangrador que en la inscripción decía que era posesión de Testigo Cielo personaje que se menciona en varias inscripciones glíficas fuera de Dzibanché y que junto con el reino de Caracol conquistó Tikal en el 562 d.C. El Edificio 2 sería entonces, según las interpretaciones arqueológicas, el lugar de entierro y culto para los miembros de la dinastía Kaan durante el tiempo de su asentamiento en Dzibanché. Elementos constructivos de madera que formaban parte del templo tienen edades de radiocarbono de 530-660 (92.3%) y 600-685 (95.4%) (Nalda, 2004a; Velásquez, 2004, 2008; Nalda y Balanzario, 2008a).

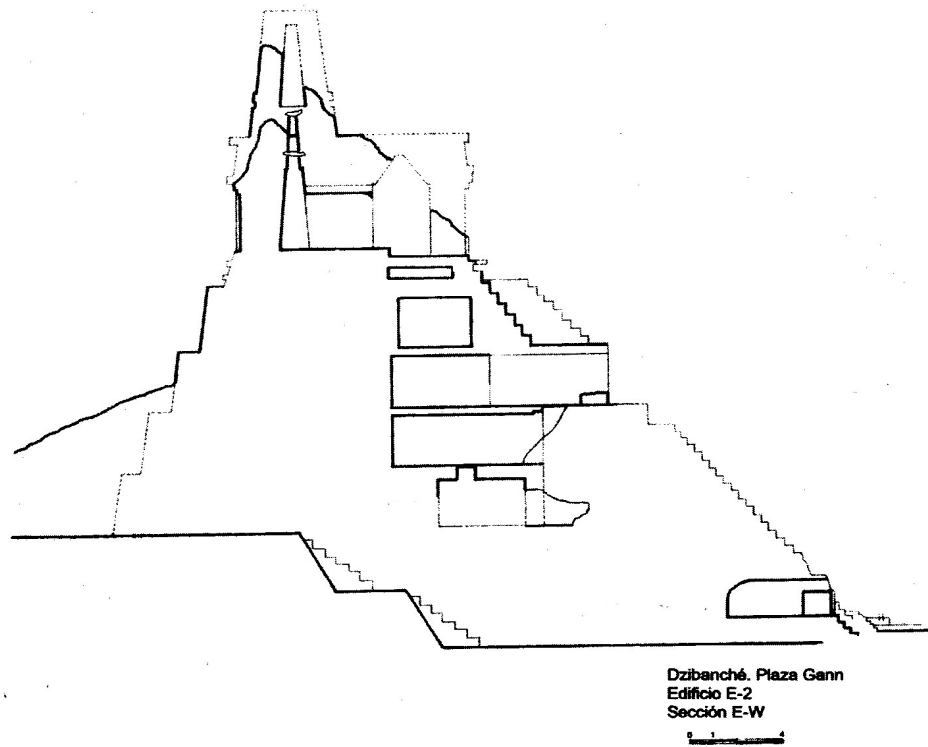


Ilustración 7: Plano de Estructura 2, "Templo de los Cormoranes". Cortesía del Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Proporcionado por la Dra. Sandra Balanzario.

LOS ESTUCOS

Ahora bien, todos los edificios antes mencionados cuentan con una cantidad importante de recubrimientos arquitectónicos hechos con mezclas de cal, que tienen diferentes funciones y que se describen a continuación.

Pequeña Acrópolis

En este conjunto de edificios hay una gran cantidad de restos de repellados de cal conservados en los muros que no presentan relieves a diferencia de los conservados en Plaza Pom y la Estructura 2, sino que son lisos y fueron realizados para recubrir los paramentos realizados de manera burda (rocas no muy bien trabajadas, con juntas muy gruesas). La decoración consiste principalmente en que las secciones de las jambas y el exterior estaban pintados en rojo guinda con partículas que brillan con la luz, y al interior muros blancos-rosáceos con cenefas rojas y una capa superpuesta amarilla ocre en la parte

superior cerca del arranque de las bóvedas en el muro central. Los edificios este, norte y sur, se datan por métodos relativos para el 550-600 D.C., mientras que el edificio central es menos antiguo: data del 600-700 D.C. (Nalda y Balanzario, 2014; Straulino *et al.*, 2013) (II. 8).

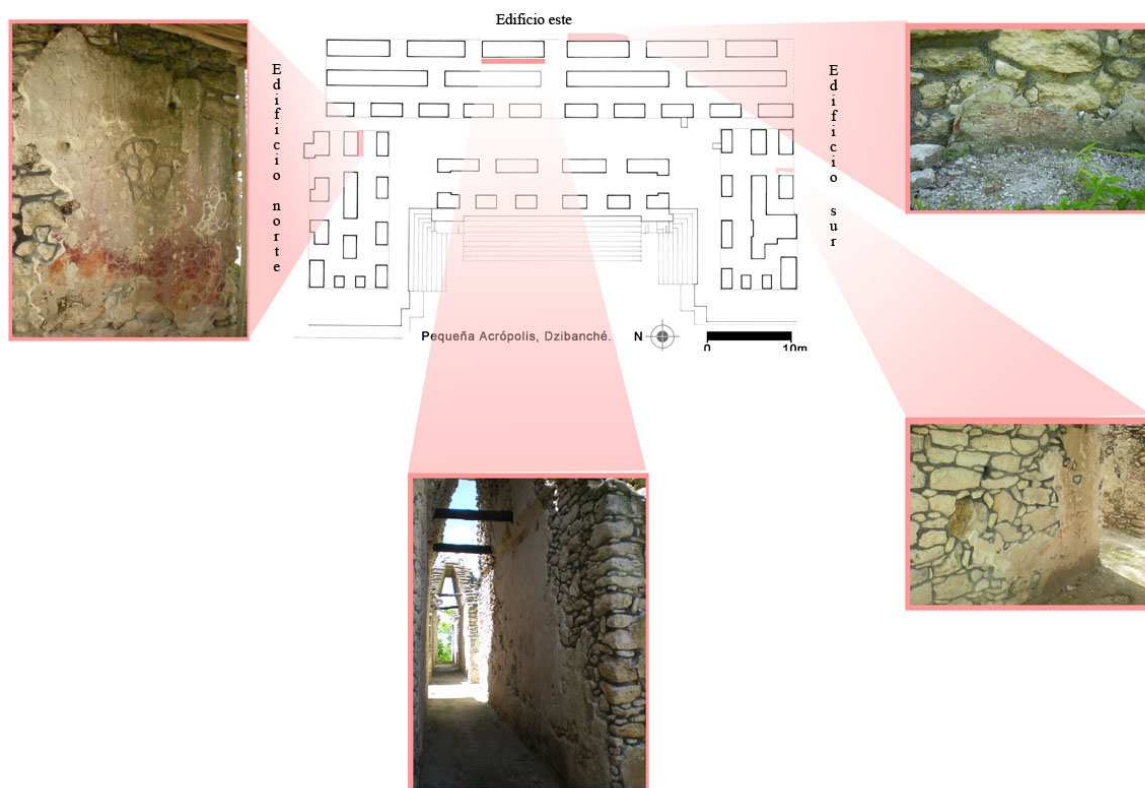


Ilustración 8: Estucos en la Pequeña Acrópolis. Izquierda: repellado vano, centro: repellado interior, derecha arriba: repellados externos, derecha abajo: jambas. Fotografías: Luisa Straulino

Observaciones macroscópicas de técnica de manufactura

El edificio ubicado al este en la Pequeña Acrópolis presenta, al interior de los cuartos, estucos de tonalidad rosácea (II. 9) y en cuya parte superior, justo bajo el arranque de bóveda, hay una cenefa con dos capas pictóricas posiblemente de diferentes temporalidades: la superior, ocre, está colocada sobre una capa delgada de estuco blanco; la inferior es roja con una tonalidad tendiente al guinda y está colocada sobre la capa rosácea.³² Bajo estas capas hay otra de textura media, mucho más blanquecina de grosor

³²La tonalidad rosácea del estuco se conserva sólo en las partes dónde hay bóvedas o partes de ella. En las secciones totalmente descubiertas los estucos están muy deteriorados y generalmente esta capa fina ha desaparecido por completo dejando sólo el estuco medio con diferentes grados de abrasión.

heterogéneo donde se observan fragmentos verdes y amarillos. Está colocada sobre una capa de coloración gris muy gruesa y con agregados muy burdos que llegan a medir 1.5 cm, aproximadamente, entre ellos que se encuentran fragmentos de estuco rojo reutilizado (Il. 12) y tepalcates (Il. 11).



Ilustración 9: Repellado interior del edificio este, Pequeña Acrópolis. Fotografía: Luisa Straulino



Ilustración 10: Repellado posterior con pigmento naranja muy deteriorado. Fotografía: Luisa Straulino



Ilustración 11: Tepalcate reutilizado en estuco gris. Fotografía: Luisa Straulino



Ilustración 12: Estuco con capa pictórica reutilizado en repellado grueso. Fotografía: Luisa Straulino

En las jambas de las entradas del mismo edificio, los estucos presentan el mismo repellado gris para nivelar sobre el cual se colocó un estuco grisáceo y un enlucido con policromía roja de tonalidad guinda y partículas brillantes con textura bruñida. Sobre la capa de color guinda se colocó un repellado delgado con cargas medias y policromía de tonalidad anaranjada, posiblemente colocado posteriormente; la calidad de esta capa no es comparable a la inferior, ni siquiera en textura ya que es muy burda; el color, además, es

anaranjado rojizo y no rojo guinda (Il. 10). Cabe destacar que el estuco sobre el que se colocó no fue picado para lograr un amarre adecuado entre esta nueva capa de estuco y la capa pictórica lisa.

En los muros que dan hacia el exterior, o sea la fachada, se encuentra la misma capa gruesa de repellado con una capa de estuco grisáceo gruesa, policromada de rojo con tonalidad guinda y partículas brillantes, muy bruñida, sobre la cual se colocó otra capa gris gruesa y después una capa de estuco blanco bastante delgada con la misma policromía roja y bruñida que posiblemente se trate de una labor de mantenimiento de la fachada exterior.

En los Edificios norte y sur la sucesión de capas es similar a la de las jambas de las entradas del Edificio este. La estratificación es la siguiente: sobre el muro se encuentra un repellado gris que empareja la mampostería, sobre éste se colocó un repellado rico en cal, pero grisáceo, que presenta una capa pictórica roja de acabado bruñido con partículas brillantes. Después en algunos casos aparece un repellado de textura media con una capa pictórica anaranjada.

En los muros centrales de los Edificios norte y sur los estucos no conservan capa pictórica ni enlucido, por lo que es difícil decir si eran rojos como los de las jambas o rosas como los muros centrales del edificio principal. No obstante, la composición del estuco medio parece similar a las del Edificio este ya que tiene cargas amarillas y verdes, es por ello que sea más probable que se trate de un repellado rosa como el del edificio principal.

Efectos de deterioro

En el 2011, tanto el Edificio este como los anexos presentaban pérdida de cubiertas, aunque en el primero había algunas bóvedas más o menos completas y restos de desplantes de bóveda. Algunos remanentes de estuco, sobre todo las grandes áreas que aún presentan capa pictórica roja, fueron protegidos por techumbres de guano de manera provisional en 2009. Sin embargo, estos techos permitían la entrada de agua en algunas secciones formando escurrimientos sobre las áreas estucadas y no contaron con mantenimiento durante dos años porque no hubo proyecto arqueológico debido al sensible fallecimiento del Dr. Nalda.

La Mtra. Elda Anrubio, en el mismo año, como parte del proyecto de conservación y restauración que coordinaba en el sitio, les dio mantenimiento y cambió la estructura de

los que no cumplían con su función, ampliándolos y dirigiendo las caídas de agua adecuadamente; además, en la misma temporada, los estucos más pulverulentos fueron intervenidos con aspersiones de agua de cal controladas. Con todo, los estucos ya presentaban deterioros característicos.

En los estucos donde no hay la protección de bóvedas, sus remanentes o cubiertas que cumplen adecuadamente con su función, es posible observar problemas de escurrimientos, presentaban biofilms y capas de sales en la superficie así como pulverulencia y disgregación extrema en algunos casos.

Como ya se ha descrito, tales efectos de deterioro se distribuyen, aún, de manera diferencial entre los estucos que todavía tienen capa pictórica roja pertenecientes a los anexos y la parte exterior de los edificios, en comparación con los estucos albergados al interior de los cuartos del Edificio este y en algunos de los muros de los del norte y sur.

Por lo que respecta a los estucos al interior del Edificio este que no presentan la protección de bóvedas o sus restos, cabe decir que exhibían una superficie muy rugosa y pulverulenta, con un grado de disgregación alto, que ha perdido la capa superficial de enlucido y se piensa que también alguna parte del volumen del repellado blanco (Il. 13). En ocasiones, cuando había escurrimientos que caían sobre ellos, también había presencia de microorganismos (posiblemente algas y/o cianobacterias) (Il. 14).



Ilustración 13: Superficie rugosa y pulverulenta. Repellado del interior del edificio este, Pequeña Acrópolis. Fotografía: Luisa Straulino.



Ilustración 14: Repellado con biofilm ocasionado por escurrimiento. Estuco interior del edificio central, Pequeña Acrópolis. Fotografía: Luisa Straulino

Por otro lado, los estucos con capa pictórica roja no exhiben falta de cohesión. Sin embargo, donde hubo escurrimientos de agua, exhibían un biofilm de microorganismos (algas o cianobacterias) en el área donde el agua caía directamente y por el contrario, una

capa de sales en superficie donde no lo hacía. Estos efectos de deterioro afectan tanto a la visibilidad de la capa pictórica, como a la estabilidad misma de la capa superior de los estucos (Il. 15).



Ilustración 15: Repellado donde se observa una sección donde había escurrimientos continuos de agua. Arriba, detalle de microorganismos; abajo, detalle de sales en superficie. Edificio norte, Pequeña Acrópolis. Fotografías: Luisa Straulino.

En la temporada 2012 el estado de conservación de los estucos era similar a la del 2011, es decir, los estucos con pigmentos estaban más o menos estables mientras que los que no tenían policromía se presentaban pulverulentos y con problemas de cohesión interna. Asimismo, se llevaron a cabo procesos de conservación extensivos que quedaron registrados en el informe de Robles y Encuentra (2012), fueron los que siguen: aplicar agua de cal por aspersión 3 veces al día; remover los ribetes y resanes anteriores y cambiarlos por un mortero de cal apagada en agua con chaká y como agregados sascab y polvo de piedra 1:2.5 (1 de sascab, 1.5 de polvo de piedra); limpieza de microorganismos con agua-alcohol 1:1; consolidación de oquedades y separaciones por inyección de lechadas de cal; adhesión de fragmentos con lechada de cal; recolocación de fragmentos removidos de su plano original debido a las raíces, limpieza de microorganismos en los muros con agua y cepillo (se anota que al terminar la remoción afloraron sales que fueron removidas de la misma manera); relleno de juntas con cemento gris; colocación de techos adecuados de palma de guano. Adicionalmente, la Dra. Sandra Balanzario dirigió la colocación de desvíos de agua, levantando muros o colocando especies de canaletas en la parte superior de los muros, con pendientes hechas para desalojar el agua de lluvia por secciones de los paramentos que no tuvieran estuco.

Según el informe de Encuentra, (2013) los aplanados, sobre todo los que presentan color tuvieron un deterioro particular y acelerado: disgregación progresiva del aplanado de abajo hacia arriba, con notables pérdidas en algunos casos, exfoliación y pérdida de capa pictórica y aparición de eflorescencias salinas. En 2014 no hubo temporada de campo de restauración por falta de recursos pero la Dra. Balanzario (com. pers. 2015) afirma que a principios del 2015 se le dio mantenimiento a los techos del Edificio oriente y sur y se colocó una techumbre nueva que cubre el 90% de la superficie del Edificio norte y también ha comunicado que la CNCPC hizo un registro fotográfico de los aplanados de la Pequeña Acrópolis que podrían luego ser comparados con el registro que hizo la autora de este trabajo en 2011, para cuantificar las pérdidas de material.

Por último, considero que el deterioro se debe en gran medida al aporte excesivo de agua en los tratamientos del año 2012 por la aplicación de agua de cal cada día y las limpiezas con agua-alcohol en las secciones con microorganismos, y con agua y cepillo en las rocas de los alrededores. Este aporte de agua solubilizó sales del cemento con el que se habían consolidado las estructuras en los trabajos arqueológicos y aportando más con los rellenos de juntas con el mismo cemento gris.

PLAZA POM

La fachada principal del palacio sur conserva evidencia *in situ* de estucos modelados en altorrelieve con decoración polícroma, el resto se encontró en el derrumbe del edificio (cabezas de cautivos, de ancianos, glifos, aves, etc.). El material cerámico y el estilo arquitectónico denotan una ocupación inicial hacia la fase temprana del Clásico tardío (550-600 d.C.) (Nalda y Balanzario, 2014; Straulino *et al.*, 2013).

Los relieves de estuco que aún permanecen *in situ* representan a un ser zoomorfo mítico acuático cuya cabeza mira hacia el sur y su cuerpo alargado recorre todo el paramento donde se encuentra aplicado el relieve. Parece que el cuerpo se desliza sobre unos glifos acuáticos y soporta a unos personajes de los cuales, hoy, sólo sobreviven sus manos y algunas partes de los antebrazos que se encuentran decorados con pulseras (Il. 16).

El resto de los relieves en estuco se encontraron en derrumbe, pero por la cantidad y calidad del estuco, se puede decir que la fachada estaba profusamente decorada y

posiblemente tenía un texto, ya que entre los restos recuperados se encuentran glifos, así como una serie de cabezas de personajes e indumentaria variada (Il. 16).

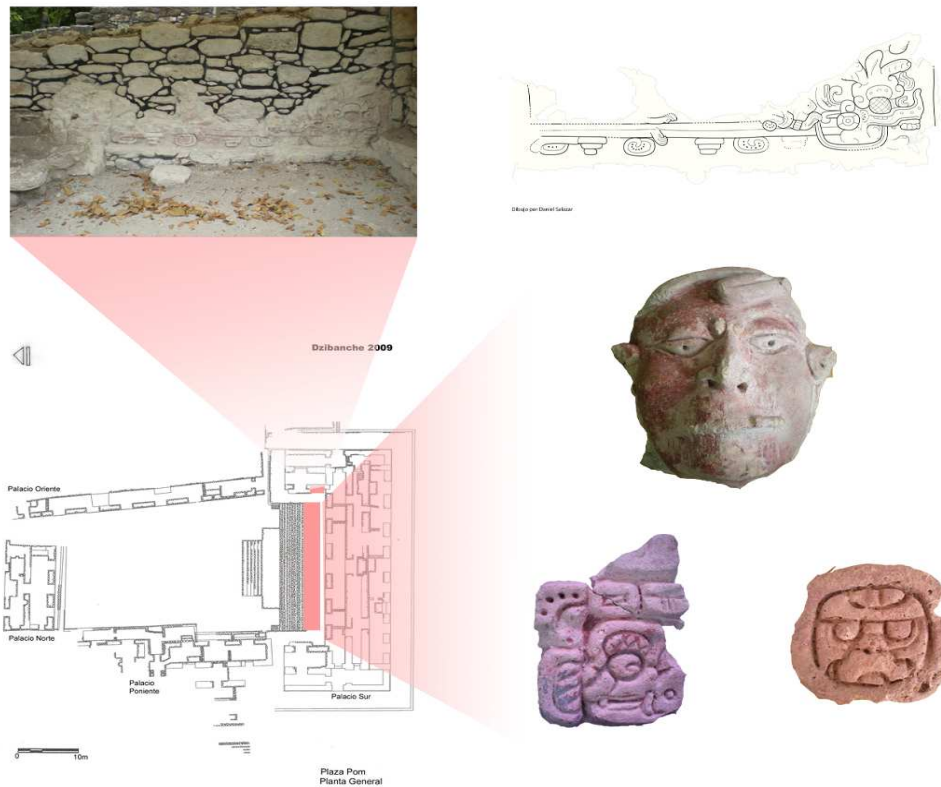


Ilustración 16: Restos de estuco de Plaza Pom; arriba, restos in situ; derecha: algunos de los estucos del derrumbe. Dibujo: Daniel Salazar Lama. Plano: Plano de Plaza Pom. Cortesía del Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich. Fotografías: Luisa Straulino

Observaciones macroscópicas de técnica de manufactura

Las pulseras y algunas secciones de la cabeza del reptil están decoradas con verde, mientras los glifos acuáticos están pintados en azul, el fondo es rojo y parece haber una primera capa general de un color anaranjado-rojizo. En las secciones desprendidas de la fachada se encuentran una variedad de rojos, anaranjado, amarillo, azul, negro y verde.

Ahora bien, aunque a simple vista no se observa la capa gris del repellido, según la Dra. Sandra Balanzario (com. pers., 2011), los estucos del área presentan una primera capa grisácea sobre el soporte de mampostería que es igual en textura, color y consistencia a la encontrada en la Pequeña Acrópolis y la Estructura 2.

Los relieves parecen estar formados de diferentes aplicaciones de estuco de varios centímetros de espesor con cargas medias cuyas mayores dimensiones estarían en el orden de menos de 1cm² de origen variado (Il. 17), en ocasiones cuando el grosor de la capa de estuco es grande, se colocan piedras de varios centímetros dentro del volumen; la mayoría

de las figuras parecen estar modeladas. A la forma realizada con este mortero se le dio un acabado muy delgado con estuco de cargas finas imperceptibles a simple vista, siendo este último el soporte de la capa pictórica. Los colores que se han podido registrar son azul, verde, amarillo, y varios tonos de rojos y anaranjados (Il. 18).



Ilustración 17: Sección transversal, pueden verse diversas capas de estuco que forman la figura. Fotografía: Luisa Straulino.



Ilustración 18: Detalle del estuco que permanece in situ. Puede observarse que está bien conservado aunque la policromía se ha desprendido en varios lugares. Fotografía: Luisa Straulino.

Efectos de deterioro

En este caso el techo de policarbonato que se colocó en 2009 ha dado buenos resultados para proteger a los vestigios de la incidencia de agua. Los relieves al 2011 estaban estables y sin problemas grandes de conservación aunque han perdido gran parte de sus áreas con policromía (Il. 18). Por un lado, los relieves fueron intervenidos también en 2009 con morteros de cal, sascab y piedra.



Ilustración 19: Detalle de estucos in situ. Se notan los resanes invadiendo parte del original. Fotografía: Luisa Straulino

Los ribetes y resanes hechos en esa temporada sirvieron para mantener estable el relieve; no obstante, tenían una dureza extrema así como grietas, fisuras y desprendimientos. Por otro lado, invadían parte del estuco original lo que modificaba sus formas (Il. 19). Bajo el escalón de la entrada oriente del edificio hay unos relieves que continúan con la temática y que tenían un biofilm parecido al del lado derecho del paramento de la Estructura 2.

En 2012 se cambiaron los morteros realizados en 2009, se limpiaron microorganismos con agua alcohol 1:1, se colocó un piso de sacrificio en la parte posterior del edificio y se amplió el techo de policarbonato para cubrir la banqueta con relieves (Balanzario, 2013). Para 2013 los trabajos en el área se enfocaron al mantenimiento y a la conservación preventiva al colocar pisos y cubiertas de sacrificio: no se reportan más problemas de conservación. Los pisos se realizaron primero con una capa de sascab o polvo de piedra compactado sobre el que se colocó una capa de aproximadamente 2 cm de mortero de cal con diferentes proporciones; los recubrimientos de sacrificio en los relieves fueron hechos con malla de mosquitero y *kut* (una especie de sascab de grano muy fino traído de Ek'Balam, Yucatán) (Cfr. Balanzario y Cruz, 2014). No hubo temporada de campo de restauración en 2014.

Los fragmentos recuperados de excavación presentan dos problemas principales, la pérdida de su posición original que se desconoce si es recuperable y una gruesa capa blanca en la superficie que en ocasiones imposibilita por completo la apreciación de la policromía.

EDIFICIO 2

La fachada norte del edificio ostenta un bajo relieve policromo que data del 450-550 d.C. según dataciones relativas. Esta fase constructiva fue cubierta por una nueva etapa datada hacia el Clásico terminal o fases tempranas de Posclásico (<1000 d.C.) (Nalda y Balanzario, 2008a; Straulino *et al.*, 2013). Este bajo relieve se encuentra en los cuerpos segundo y tercero, en su gran mayoría, aunque hay un pequeño fragmento en el primero. Representa una montaña con flores que salen de su parte superior y tiene detalles incisos en el estuco; en las cornisas de cada cuerpo hay una banda de círculos grandes con uno más pequeño colocado en el interior que seguramente están representando cuentas que no están modeladas en bajo relieve sino que están esgrafiadas directamente en el estuco. Cabe mencionar que estas cuentas son de tamaño y formas diferentes, parecen haberse llevado a cabo a mano alzada: no todas son círculos perfectos e, incluso, algunos son más elipsoides (Il. 20).

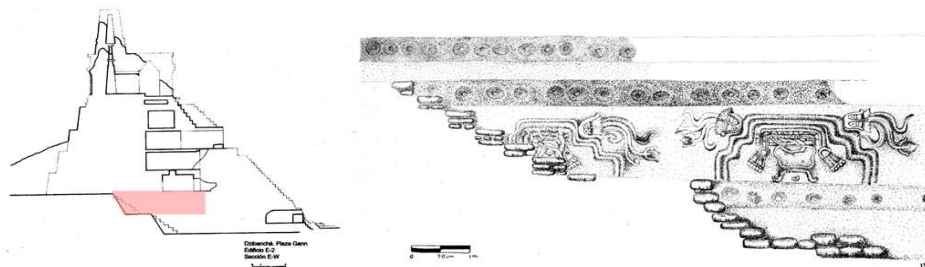


Ilustración 20: Relieve de estuco en la Estructura 2 antes de intervención. Dibujo: P.A. Eduardo Salvador, entintado Javier Romero. Cortesía Proyecto Arqueológico Dzibanché, 2009. Plano tomado y modificado de Nalda y Balanzario 2008b. Fotografía: Luisa Straulino

Observaciones macroscópicas de técnica de manufactura

La montaña y las flores tienen tonos verdes y azules sobre un fondo rojo; cabe destacar que bajo cualquier color parece haber una base de tonalidad anaranjada-rojiza, mientras que las cuentas representan cuentas de piedra verdes sobre un fondo rojo. El friso está formado por tres capas de enlucidos que se describirán macroscópicamente a partir del soporte.

El soporte consta de paramentos contruidos con roca caliza y un mortero grueso con cal, el cual fue sustituido en diversas áreas por mortero de cemento que también fue utilizado para la consolidación y reposición de hiladas de piedra.

Sobre las rocas se colocó un repellado que a simple vista se observa gris, con cargas de tamaño heterogéneo, algunas llegan a 1cm de diámetro. A simple vista se identificaron fragmentos de roca caliza, fragmentos de cerámica, fragmentos de estuco reutilizado, entre otros. En un primer momento se estableció la hipótesis que el color se debía a material edáfico en grandes cantidades mezclado con cal. Su función parece ser la de emparejar la superficie de los muros y prepararla para recibir la segunda capa que

conforma el bajo relieve; tal capa se colocó en espesores heterogéneos con varios centímetros de diferencia.

La segunda capa es ligeramente amarillenta y consiste en un mortero de cal y cargas de tamaño heterogéneo, con que llega aproximadamente a 0.5 cm de diámetro. Las cargas observadas a simple vista fueron pedernales verdes y amarillo, carbón y fragmentos de roca caliza. Fue aplicado con un grosor más o menos heterogéneo según lo requirió el volumen de las formas.

La última capa consiste en un estuco muy fino o enlucido que fue aplicado en capas muy delgadas pero de espesores heterogéneos, es de color más blanco y las cargas no se distinguen con facilidad a simple vista. Esta capa es el soporte de las capas pictóricas.

Estos estucos estaban protegidos con una cubierta de policarbonato que fue cambiada por una cubierta de madera y hojas de guano.

Efectos de deterioro

Los techos de policarbonato que se habían colocado en 2010 para proteger al bajorrelieve de la incidencia de lluvia tenían fallas: el techo ubicado en el tercer cuerpo era más pequeño que el techo del segundo, hecho que provocaba que el agua escurriera a la mitad del último, el cual contaba además con el problema de estar separado del paramento unos 10 cm (probablemente con la intención de no colocarlo sobre el estuco que se conservaba en esta área), razón por la cual el agua que se escurría sobre los muros de los cuerpos superiores podía pasar fácilmente entre los paramentos y el techo ocasionando escurrimientos de importancia sobre el relieve de estuco.³³

Por otro lado, el piso entre el segundo y tercer cuerpo, así como el que está entre el tercero y el cuarto, tenían inclinaciones poco favorables para la conservación del estuco ya que la pendiente estaba dirigida hacia los cuerpos inferiores; así toda el agua que se acumulaba en ellos escurría hacia la parte frontal donde se encuentra el friso con relieves.

³³ Es importante mencionar que la Dra. Sandra Balanzario no está de acuerdo con lo que se menciona. Argumenta que el techo fue colocado en febrero del 2010 y que no recibió mantenimiento alguno durante dos años, al igual que los aplanados, lo que justifica su deterioro; además de mencionar que durante esos dos años hubo tormentas fuertes que ocasionaron el desprendimiento y agrietamiento de las hojas de policarbonato, provocando los escurrimientos. Yo sostengo que los techos fueron mal colocados y que, además, lo que se argumenta con anterioridad coadyuvó al mal estado de conservación de la mitad derecha del relieve.

Así se promovió un gran escurrimiento de agua que iba desde el cuarto cuerpo del basamento hasta el suelo, lo que afectó la mitad derecha del friso y en especial al segundo cuerpo del basamento que es el área que conserva una mayor cantidad de relieves de estuco. En este cuerpo la parte inferior fue la más atacada por el intemperismo en tanto que quedaron pocos restos de estuco ubicados cerca de fracturas que se habían formado con anterioridad, donde quedó un patrón en forma de “red” y una gran cantidad de estuco pulverizado a los pies de la estructura (II. 22).



Ilustración 21: Trayecto de escurrimiento de agua en el basamento por colocación deficiente del techado.

Generalmente el lado norte de todas las estructuras es el que presenta mayores problemas de desarrollo de microorganismos (algas, bacterias, hongos, etc.) por no estar expuesta a la insolación directa durante el día, en comparación con el lado sur. Esto permite que se creen micro ambientes donde los sustratos, generalmente paramentos con o sin recubrimientos arquitectónicos, se mantienen húmedos y frescos y dan lugar a un ambiente propicio para el desarrollo de microorganismos que deterioran el estuco modificando la estructura cristalina de los carbonatos de calcio; así, además, el área de

escurrimiento presentaba crecimiento de microorganismos posiblemente algas y cianobacterias (Il. 21). El microclima se vio favorecido por la colocación deficiente del techo de policarbonato que generaba un incremento del calor bajo el mismo.

Por otro lado, el estuco presenta grandes áreas de microkarst así como abrasión por el paso del agua: la microkarstificación y la abrasión son procesos diferentes y por lo tanto dejan efectos de deterioro específicos. La microkarstificación es un proceso de intemperismo químico que disuelve el carbonato calcio de manera parcial o selectiva, dejando una red de depresiones interconectadas (Il. 21), mientras la abrasión arrastra material de la superficie por procesos físicos.



Ilustración 22: Sección húmeda con biofilm y karstificación.



Ilustración 23: Deterioro en forma de red por disolución y pulverización por sales.

Aunado a esto, el carbonato de calcio disuelto por el agua se deposita en otros lugares creando concreciones del mismo material, polvo y tierra que con el paso del tiempo se vuelven más difíciles de remover. Aparte de esta gran área afectada por el crecimiento de microorganismos el estuco presenta diversas grietas, fisuras y fracturas además de oquedades que pueden llegar a desprender grandes áreas del relieve.

Los estucos fueron ribeteados y resanados en el 2009 como parte de los trabajos de la temporada arqueológica siguiendo las recomendaciones de la Mtra. Elda Anrubio. Para ello se utilizaron morteros de cal, sascab y estuco molido (proporción 2:1, 1 de estuco molido, 1 de sascab, 1 de cal), una pasta muy dura que invade en algunos casos áreas del estuco original; no estaban realizados a 90° y no tenían ni el color ni la textura adecuados para integrarse con el resto del estuco.

Las oquedades así como partes del estuco parcialmente desprendidas no fueron inyectadas con lechadas de cal, por lo que las grandes áreas de oquedades persistían y muchas veces el estuco se encontraba detenido sólo por los ribetes. Todo ello favoreció a que el estado de agregación de los componentes de estuco fuera malo en el área del escurrimiento, en que se encontró con un alto grado de disgregación, mientras que el área no afectada por el agua no tiene problemas de cohesión en el estuco ni de adherencia con el soporte.

En la temporada del 2011 se resanaron, ribetearon y consolidaron todas las zonas que así lo requerían, sobre todo se puso énfasis en el lado derecho del relieve que estaba muy disuelto y erosionado y había perdido gran cantidad de volumen. Con las fotografías de la excavación y los restos *in situ*, el volumen de las formas se levantó unos centímetros para poder tener una lectura adecuada. Sin embargo, se decidió no policromar para poder distinguir la intervención de los fragmentos originales. Asimismo, el mortero 1:2.5 se trabajó con polvo de piedra medio para dar una textura rugosa al acabado de los volúmenes repuestos; también se hicieron desvíos de humedad en la parte superior del cuerpo 3 y en secciones del 4 para canalizar el agua de lluvia lejos del relieve.

En 2012 se eliminaron los escurrimientos de cal de la superficie con agua-alcohol 1:1 y cepillos y también los microorganismos, se realizaron resanes y ribetes así como ribetes para estabilizar algunas secciones; además, se consolidó con agua de cal, que dice “durante dos meses se aplicaron de dos a tres aspersiones”, aunque no se especifica si estas fueron al día, a la semana o con qué frecuencia. Por otro lado, el techo de policarbonato se cambió por un techo de palma de guano (Balanzario, 2013).

Y para 2013 se realizó una intervención mayor en el mural. Se reporta que el principal problema se debe a la humedad y a la aparición de eflorescencias salinas, pero sobre todo de subeflorescencias que destruyeron parte de los morteros internos y que generaron oquedades. La mitad izquierda, que en 2011 se encontraba bien y que en 2012 no se reportaba en mal estado, ahora se reporta como deteriorada, aunque siempre en mucho menor escala que la parte derecha del relieve. Se limpiaron las áreas con microorganismos con agua-alcohol 1:1, se consolidó el relieve con aspersiones de agua de cal, aunque se reporta que en las secciones más disgregadas se tuvo que aplicar lechada de cal de manera local; del mismo modo se cambiaron ribetes y resanes disgregados y se

colocó una malla contra insectos puesto que se reporta que en algunas secciones anidaron varias especies de insectos hecho que debilita la estructura del mural (Cfr. Balanzario y Serratos, 2014). En 2014 no hubo temporada de campo de restauración.

MATERIALES Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Como patrimonio arqueológico y huella de una sociedad pretérita cuya forma de hacer se ha perdido, los estucos de Dzibanché son un recurso no renovable; y aunque suene contradictorio, la toma de muestras es indispensable para tratar de recuperar datos sobre las técnicas constructivas de este grupo que ha desaparecido, ya que cuando los estucos se deterioren por completo (como es el destino de todo en este universo entrópico) la información se habrá perdido irremediabilmente junto con la materialidad que la soporta.

Ahora bien, con las observaciones macroscópicas antes descritas sobre la técnica de manufactura y efectos de deterioro de cada estructura, se realizó la integración de los datos en un modelo que permitió tomar las muestras necesarias para la investigación de los estucos. Así, la toma de muestras para caracterizar sus componentes de manera científica, comprobable y replicable, tanto cualitativa como cuantitativamente, y la detección y documentación de efectos de deterioro se realizaron a partir de las siguientes observaciones:

- La capa gris que se soporta en los paramentos de los tres edificios es, fundamentalmente, igual y las materias colorantes (pigmentos, lacas o colorantes) usados en las capas pictóricas son esencialmente los mismos.
- En el Edificio 2 la capa media y el enlucido son homogéneas en todo el bajo relieve, no presentan diferencias en textura, color, agregados y se comportan más o menos igual ante los procesos de intemperismo, tomando como excepción la sección que estuvo constantemente en contacto con un escurrimiento de agua, donde se pueden observar secciones con crecimiento de microorganismos, y secciones con deterioro en forma de red que han sufrido pulverización extrema.
- En Plaza Pom la capa media y el enlucido son similares en todo el relieve incluso en las secciones que se encontraron en derrumbe y no presentan diferencias en textura, color o agregados. No obstante, el que permanece *in situ* conserva muy poca decoración polícroma, aunque el estado de conservación del estuco es sumamente bueno, mientras que las secciones derrumbadas presentan un estado de conservación extremadamente bueno, aún en las capas pictóricas.
- En la Pequeña Acrópolis es donde encontramos una variedad mayor de estucos.

1. En las secciones que estaban al interior de los edificios los estucos exhiben o una superficie totalmente abrasionada y blanca sin enlucido, donde se pueden ver grandes agregados de pedernal o, bajo las bóvedas, aún conserva la capa de enlucido que es de tonalidad rosácea.
2. Los estucos de las jambas de entrada tienen un estado de conservación muy bueno, incluso donde no hay bóveda, conservando una capa pictórica, roja-guinda, con brillos metálicos. Sobre esta capa de estuco hay otra, incompleta, muy fina y de textura más rugosa, que conserva en algunas secciones una capa pictórica anaranjada. En las secciones en donde había escurrimientos se desarrollaron microorganismos, mientras que en las secciones secas hay una capa blanca que impide ver de manera adecuada la capa pictórica, pero que no ha tenido ningún efecto nocivo en su conservación.
3. En los muros exteriores se observa que los estucos son distintos a los demás en textura y color; hay dos capas superpuestas y, en general, la superficie está abrasionada por lo que hay pocos restos de capa pictórica roja.

MUESTRAS

Los estudios realizados requirieron tomar muestras de los estucos y se detallará en cada tipo de análisis qué muestras fueron utilizadas; sin embargo, muchas veces la misma muestra sirvió para varios análisis. Es decir, éstas se seccionaron para hacer las láminas delgadas; al realizar este proceso, además de la lámina delgada, se obtiene una parte del estuco embebido en resina, con una sección transversal expuesta. Ésta se pule y sirve para hacer mapeos de elementos en el microscopio electrónico de barrido. Las demás secciones de la muestra sirvieron para observar su micromorfología en el microscopio electrónico de barrido y después pulverizada sirve para hacer difracción de rayos X. No obstante, hubo que tomar muestras específicas para arqueomagnetismo y para cromatografía por las características particulares de cada análisis.

La mayoría de las muestras provenientes de la Estructura 2 se tomaron de los restos de estuco que se habían desprendido del soporte para no remover más material dado el grave estado de disgregación que presentaba. La única excepción es la muestra 10 que fue tomada *in situ* en el área más deteriorada, al lado derecho de la sección húmeda. Esta zona presentaba sales en la superficie y una capa pictórica moderadamente conservada y

ninguno de los fragmentos desprendidos tenía estas características particulares. Así mismo, las muestras para arqueomagnetismo se tomaron del tercer cuerpo, donde no existe relieve alguno.

Las muestras provenientes de Plaza Pom no se tomaron *in situ* ya que la acción se dificultaba por el buen estado de conservación de los mismos y debido a que los restos de policromía son bastante escasos. Por ello, se tomaron de fragmentos de estuco excavados del derrumbe de esta área y registrados que se encontraban en la bodega de Dzibanché.

Los restos de estuco que permanecen en los edificios de la Pequeña Acrópolis fueron cuidadosamente registrados y evaluados para detectar los principales problemas de conservación y los efectos de deterioro que exhibían. Lo anterior se realizó con la finalidad de tomar únicamente las muestras necesarias para conocer tanto la técnica de manufactura y materiales constitutivos, tanto como los efectos y causas de deterioro que perjudican a los estucos. Así, se tomaron muestras que abarcan los aplanados sin policromía del interior del edificio con sus diferentes grados de deterioro, los estucos externos del edificio, muestras de los estucos con capa pictórica y sus diferentes grados de deterioro. La mayoría de las muestras se tomaron directamente de los restos de estuco que permanecen en los muros de los edificios, lo que permitió escoger con precisión el lugar y los efectos de deterioro deseados para abarcar toda la gama existente en este caso particular.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS

DATACIÓN

Como ya se mencionó en el apartado de antecedentes arqueológicos los estucos se atribuyen al periodo final del Clásico temprano y el periodo inicial del Clásico tardío, dando al estudio un carácter sincrónico. No obstante la mayor parte de la asignación de periodos ocupacionales en el sitio de Dzibanché provienen de dataciones relativas (estilos cerámicos y estilos arquitectónicos principalmente) excepto para el Edificio 2, que cuenta con dos edades de radiocarbono. Como sabemos, para tratar de hacer una secuencia cronológica adecuada y tener edades más o menos certeras, se debe contar con datos suficientes para contrastar y en su caso hacer una secuencia por métodos estadísticos (Beramendi *et al.*, 2012).

Radiocarbono

La datación por radiocarbono parte del principio siguiente: los morteros de cal al fraguar absorben carbono del medio circundante para formar carbonato de calcio; recuérdese que al quemar las rocas calizas se forma óxido de calcio por la liberación del dióxido de carbono de las moléculas del carbonato de calcio, después el oxígeno es intercambiado por un hidroxilo para formar hidróxido de calcio por lo que las pastas de cal NO tienen carbón en su composición cuando son fabricadas. El carbono que contiene la muestra refleja la concentración de ^{14}C de la atmósfera al momento del fraguado y así este material puede ser usado para datación por radiocarbono (Pesce *et al.* 2012, Hale *et al.*, 1997).

No obstante la técnica conlleva varios problemas que resolver: la contaminación de las muestras por sustancias carbonatadas como piedra mal quemada, agregados calcáreos con un origen fósil, partículas de carbón del quemado, la carbonatación en sí misma que en muchos casos tarda décadas en llevarse a cabo (aunque a veces el error de la datación por ^{14}C entra en el rango del fraguado), entre otros (Villaseñor, 2009a; Pesca *et al.*, 2012). La elección del método de datación por radiocarbono es crucial y dependerá de la cantidad de mortero que se pueda obtener. Existen tres métodos para realizar este tipo de datación: Conteo Proporcional de Gases, la Espectrometría de Centelleo Líquido y la Espectrometría de Masas con Acelerador (AMS). Las dos últimas son las más usadas; sin embargo, en la espectrometría de centelleo líquido, como lo que se cuenta es el decaimiento de átomos de ^{14}C y se lleva a cabo convirtiendo la muestra en benceno, la cantidad de material que se necesita es del orden de gramos; sin embargo, el método no es tan costoso. Por otro lado en la espectrometría de masas con acelerador la muestra es convertida a grafito y después ionizada por lo que se cuenta el número relativo de todos los isótopos de carbono. El análisis es más rápido, es más sensible y sólo se necesitan algunos miligramos de muestra; no obstante el análisis es 5 veces más caro que con centelleo líquido (Beramendi *et al.*, 2012).

El uso de datación por radiocarbono y esfuerzos tanto positivos como problemáticos pueden consultarse en Folk y Valastro (1979), Van Strydonck *et al.* (1986), Berger (1992), Mathews (2001), Michniewicz *et al.* (2007), Heinemeier *et al.* (1996, 2010) entre otros. Para separar los agregados del cementante se utilizan métodos químicos (Heinemeier *et*

al. , 2010), pero se prefieren métodos de separación mecánica como alternativa para los morteros con agregados calcáreos (Cimitan y Zaninetti, 1991; Casadio *et al.*, 2005; Nawrocka *et al.* 2005; Ortega *et al.*, 2008 y 2010); aunque otros investigadores como Pesce *et al.* (2012) utilizan los nódulos de cal puros (nódulos que se originan por la carbonatación de cal que no se mezcló con los agregados) para la datación.

Para este análisis se tomó una muestra de una sección del segundo cuerpo que aún continuaba sin ser excavada para evitar los microorganismos que se desarrollaron en el área de intemperismo.

En este caso se decidió recurrir a la separación mecánica de la matriz y las cargas con ayuda de lupas, microscopio estereoscópico, pinzas y agujas de disección. Después la muestra procesada (la fracción de la matriz) se mandó a Beta Analytics por medio del Instituto de Geología de la UNAM para datarse por AMS.

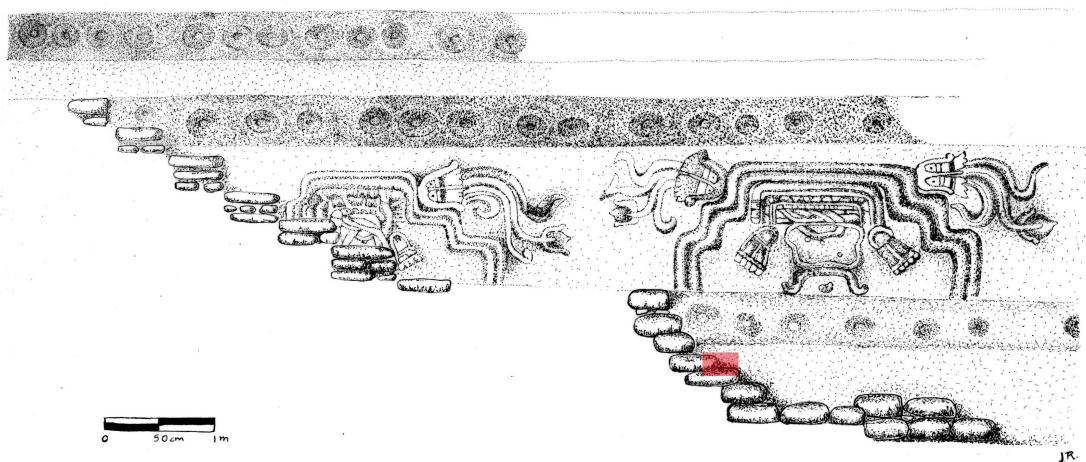


Ilustración 24: Lugar de muestreo para radiocarbono

Arqueomagnetismo

Se define a la datación arqueomagnética como aquel que se realiza sobre elementos y artefactos arqueológicos mediante la comparación de la información magnética grabada en estos materiales con los cambios conocidos del campo magnético terrestre. Para realizar dataciones arqueomagnéticas se necesitan fundamentalmente dos elementos: una curva de

variación secular que registra el cambio del campo magnético, y que posteriormente puede utilizarse como curva de referencia una vez calibrada con dataciones obtenidas por otras técnicas (Wolfman, 1990; Soler *et al.*, 2006) y materiales que hayan guardado la dirección o la intensidad del campo y posteriormente compararlas con la curva de variación secular³⁴.

Los análisis arqueomagnéticos inicialmente no proporcionan edades, sino direcciones o intensidades de campo, y éstas son interpretadas utilizando la curva maestra. La datación arqueomagnética, utilizando cambios en la dirección, puede proporcionar fechas con una exactitud entre 5 y 20 años; por otro lado, los cambios de intensidad pueden proporcionar fechas con una precisión entre 20 a 50 años (Tarling, 1983).

En 1997 Chiari y Lanza reportan un nuevo tipo de magnetización a la que denominan pictórica. La hematita contenida en los pigmentos rojos de murales de la Capilla Sixtina guardaban la dirección del campo magnético al momento de secarse. En 2004 se tomaron muestras del Templo Rojo de Templo Mayor, Templo de Venus en Cacaxtla y Chapulines y Estrellas en Cholula donde pudieron determinarse las direcciones del campo magnético al momento del secado (Goguitchaichvili *et al.*, 2004).

En el caso de los estucos de la zona maya dado que, generalmente, no se adiciona material volcánico como carga sino *sascab*, su bajo contenido de minerales magnéticos no permite determinar la dirección del campo en ellos y por tanto únicamente se pueden realizar estudios en estucos expuestos al fuego o en frescos y estucos pintados con hematita ya que es un mineral propenso a magnetizarse.

Es justo esta propiedad de la hematita que será utilizada para fechar los estucos de Dzibanché. Mediante análisis petrográficos y análisis con difracción de rayos X se ha podido determinar que el pigmento utilizado en la pintura roja de los edificios de Plaza Pom, Estructura 2 y Pequeña Acrópolis son principalmente óxidos de hierro mezclados con arcillas y aplicados con una técnica parecida al fresco, por lo que se piensa que las partículas se orientaron con el campo magnético terrestre antes de que el cementante fraguara, guardando la dirección del norte magnético en ese momento.

Los pasos más importantes con los que hay que proceder para obtener resultados con esta técnica son:

³⁴Para leer sobre los fundamentos geofísicos del arqueomagnetismo se pueden consultar los siguientes trabajos: Soler et al, 2006; Soler et al, 2010; McIntosh y Catanzariti, 2006.

Muestreo: consiste en la extracción de secciones de pintura roja que deben estar *in situ* para poder ser orientadas. Una muestra es subdividida entre 8 y 12 especímenes que se utilizarán en la medición y la comparación de todos los especímenes durante los estudios estadísticos. Antes de su medición, es necesario consolidarlas con una resina sin componentes ferromagnéticos y encapsularlas. Se inicia por adherir un círculo de 1 pulgada de diámetro de cinta doble cara de pegamento fuerte (sin material magnético) sobre la superficie pictórica. La superficie de la muestra es orientada con una brújula Brunton y el norte se marca en la cinta. Después con paciencia y cuidado se remueve la cinta doble cara que tendrá adherida la capa pictórica; para embalarla se coloca un plástico adherente del mismo tamaño que la cinta para evitar su desprendimiento. Ya en el laboratorio, la muestra se consolida, una vez más con sustancias que no tienen partículas magnéticas, y se coloca en cilindros especiales para ser medidas en el magnetómetro.

Después de haber sido consolidadas, las muestras pasan de 1 a 3 semanas dentro del blindaje con el fin de estabilizar sus mediciones al aislarlos de la magnetización viscosa. Las muestras son medidas en un magnetómetro JR6 de giro localizado dentro de un blindaje magnético con el fin de evitar magnetizaciones secundarias. Posteriormente se determinan las direcciones y las intensidades de las muestras, después de haber sido expuestas a campos alternos crecientes mediante un desmagnetizador Molspin.

Finalmente se hace el análisis con estadística bayesiana de los datos para compararlos con las curvas de direcciones o la curva de intensidades y determinar edades de manufactura. En nuestro caso comparamos con la curva de variación secular para el centro de México con corrección para las coordenadas geográficas del sitio de Dzibanché.

Desde 2011 se emplea el programa RENDATE (Lannos, 2004) que consiste en la aplicación de la estadística bayesiana para obtener las intersecciones sobre la curva de variación secular. Dicha curva empleada, es una modificación de Soler, *et al.*, (2006) para Teotihuacan (19.69°N, 98.84°W) con datos previos de Wolfman (1990) y Lattman *et al.*, (1986); datos obtenidos de materiales correspondientes a la erupción del Xitle, datos históricos y de observatorios trabajados por Urrutia (1996 y 1975), además los nuevos datos adquiridos desde el 2000 que cuentan con datación mediante radiocarbono.

Cada espécimen es sometido a un lavado mediante campos alternos con el fin de determinar la magnetización característica. Este proceso, que consiste en aplicar campos

alternos crecientes, permite determinar la magnetización característica de cada espécimen, en este caso la adquirida cuando el estuco fraguó y por lo tanto las partículas de hematita quedaron cementadas con una orientación característica. Además, se obtiene la declinación e inclinación del vector de magnetización de cada espécimen y la dirección media de la muestra se obtiene mediante estadística Fisher, donde además de la declinación e inclinación medias, obtenemos tres parámetros que miden la dispersión: el ángulo sólido α_{95} , que indica que hay una probabilidad de 95% de que la dirección media se encuentra en él, los otros dos parámetros son r y k , que muestran el agrupamiento de las direcciones de cada espécimen.

La dirección promedio de la muestra se calcula mediante estadística Fisher. La dirección obtenida es comparada con la curva de variación secular del campo geomagnético para México del año 200 a.C. al 1600 d.C. (Soler *et al.*, 2006).

La precisión de la datación arqueomagnética está limitada por la calidad y el número de datos utilizados para construir la curva de variación secular: mientras más datos estén disponibles las dataciones serán mejores; además el rango de cambio de la variación secular del campo magnético terrestre también es un factor a tomar en cuenta ya que cambios rápidos del mismo pueden ser datados con más precisión que cambios lentos. Por otro lado, la calidad de los datos arqueomagnéticos impone sus propios límites ya que mientras más pequeñas sean las incertidumbres, expresadas por α_{95} y k , las dataciones serán más precisas (en general los rangos de variación van de ± 25 a ± 200 años). Sin embargo, la no unicidad de los datos obtenidos (ya que el campo magnético terrestre tiene deriva y pasa por las mismas coordenadas o muy cerca varias veces a través del tiempo) puede ser un problema que puede ser reducido considerando el vector completo del campo (aunque en muchas regiones no hay curvas de variación secular de intensidad bien desarrolladas), o utilizando datos arqueológicos como estratigrafía, contexto, tipología, etc. para distinguir entre las distintas alternativas arrojadas por el método (Mcintosh y Catanzariti, 2006).

Para este trabajo se tomaron 4 muestras con 8 especímenes cada una, y los análisis se realizaron en el Instituto de Geofísica de la UNAM y estuvieron a cargo de la Dra. Ana María Soler Arechalde.

La datación por arqueomagnetismo confirmará si se puede hablar de un estudio sincrónico en el que las diferencias en la composición de los morteros responden más a su función y ubicación en el edificio. Por el contrario, si los estucos resultan ser de periodos distintos entonces las diferencias en los morteros se pueden deber tanto a la función de los estucos como a un cambio tecnológico.

Al respecto de las muestras utilizadas, la muestra 1 (II.24) corresponde al conjunto de especímenes tomados del Edificio 2 “Templo de los Cormoranes” del cual se tomaron ocho secciones de policromía en la sección plana bajo la moldura inferior del tercer cuerpo del basamento. Remover la capa pictórica de su soporte, sólo en este caso, presentó algunos problemas ya que la mayoría de las áreas estaban muy bien consolidadas con los tratamientos de agua de cal aplicados desde el 2011 con los cuales se formó una capa de carbonatos transparentes en la superficie a los que la cinta doble cara no se adhería. Por ello hubo que buscar las secciones con menos cohesión. Además de Plaza Pom no se pudieron obtener muestras ya que el estuco *in situ* no presentaba suficiente policromía roja, y los estucos desprendidos que si la tenían ya no se encuentran en su posición original.

La muestra 2 fue tomada del Edificio sur de la Pequeña Acrópolis con un total de 9 especímenes provenientes de dos secciones diferentes del edificio, tres de ellas pertenecen al muro 12 sur, y 6 al muro 13 oeste (II.25).

La muestra 3 pertenece a los estucos de las jambas de entrada al Edificio este de la Pequeña Acrópolis y se tomaron 10 especímenes, 5 de ellos del muro 16 norte y 5 del 2 norte (II.26).

La muestra 4 pertenece al Edificio norte de la Pequeña Acrópolis y se tomaron 10 especímenes, 5 de ellos pertenecen al muro 35 sur, 3 al 35 este y 2 al 35 Norte (II.26).

A continuación se presenta una tabla, a modo de resumen, con el número de muestras y su ubicación así como planos en donde se muestra gráficamente la información. Los especímenes marcados en negritas son los que dieron señales adecuadas para procesarlas.

| Edificio | Sección | Muro | No. De muestras | Nomenclatura |
|---|----------------------------|--|-----------------|-------------------------|
| Pequeña Acrópolis | Edificio Sur (muestra 2) | 13 Oeste | 6 | 2A,2B,2C,2G,2H,2I |
| | | 12 Sur | 3 | 2D,2E,2F |
| | edificio este (muestra 3) | 16 Norte | 5 | 3A,3B,3C,3D,3E |
| | | 22 Norte | 5 | 3F,3G,3H,3I,3J |
| | Edificio Norte (muestra 4) | 35 Sur | 5 | 4A,4B,4C,4D,4E |
| | | 35 Este | 3 | 4H,4I,4J |
| 35 Norte | | 2 | 4F,4G | |
| Estructura 2 "Templo de los Cormoranes" | Tercer cuerpo (muestra 1) | Friso plano del basamento bajo moldura . | 8 | 1A,1B,1C,1D,1E,1F,1G,1H |

Tabla 1: Muestras para datación con arqueomagnetismo

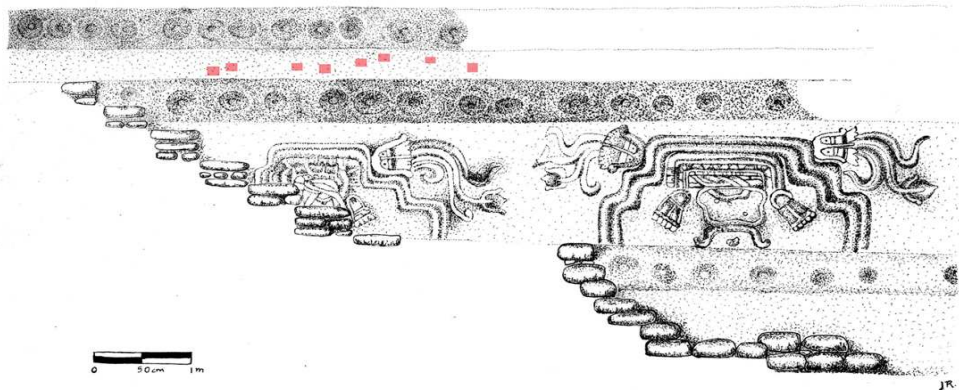


Ilustración 26: Ubicación de muestras para datación arqueomagnética en Estructura 2

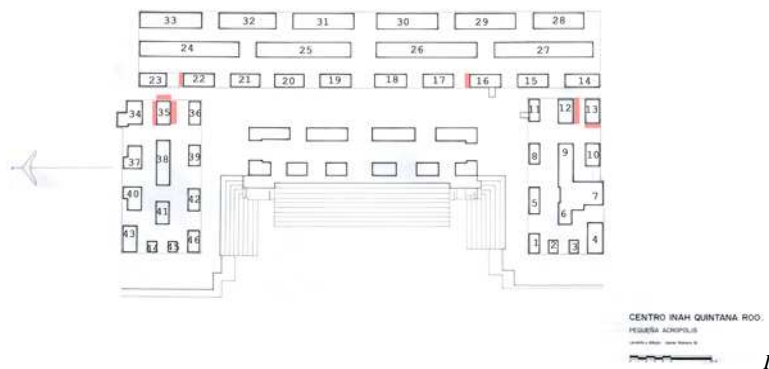


Ilustración 25: Ubicación de muestras para datación arqueomagnética en la Pequeña Acrópolis.

COMPONENTES INORGÁNICOS

Petrografía

Para esta técnica generalmente se utilizan láminas delgadas de 30 micras de espesor tanto de piedra, cerámica, o materiales cementantes que se examinan con un microscopio de luz transmitida, tanto con luz polarizada (ppl) como con doble polarizador (Nicoles cruzados, xpl) usualmente bajo magnificaciones de entre 4x-400x; también en algunos casos es muy útil la luz reflejada (rfl) que puede proveer información sobre la presencia de hierro en las muestras. El doble polarizador crea colores “artificiales”, es decir, colores de interferencia causados por minerales cristalinos con doble índice de refracción (birrefringencia). En el caso de este trabajo se utilizaron los objetivos con aumentos de 10-40x, el objetivo de 100x se limitó al estudio de los componente orgánicos.

Las láminas delgadas se utilizan para caracterizar la mineralogía y la textura de artefactos arqueológicos, obras de arte, materiales de construcción, entre otros; identificar la susceptibilidad del material al intemperismo, determinar los mecanismos y grados de deterioro y estudiar la efectividad de consolidaciones además de otros procesos de conservación (Reedy, 1994; Karkanias, 2007). En relación a los estucos, las láminas petrográficas se utilizan para identificar sus componentes y sus respectivas proporciones; así mismo, puede dar información como el tamaño de grano, impurezas minerales presentes en los agregados o la cal, las características de las texturas en los minerales y el grado en que fueron separados y escogidos.

La microscopía petrográfica es generalmente el método más fácil y menos costoso de distinguir entre yeso, cal y arcillas en los morteros ya que estos tres varían muchísimo en sus colores de birrefringencia, índices de refracción y morfología. Aunque otros métodos de análisis de materiales inorgánicos pueden usarse en conjunto con esta técnica, las láminas petrográficas proveen información básica en cuanto a composición y distribución espacial que no se puede obtener por otros métodos de análisis (Reedy, 1994; 2006; Coutelas, 2003; Karkanias, 2007).

Los estudios de petrografía se llevaron a cabo en el Instituto de Geología de la UNAM y fueron dirigidos por el Dr. Sergey Sedov; el proceso de laminación se realizó por el Mtro. Jaime Díaz y para la observación se utilizó un microscopio petrográfico marca

Olympus BX51 con cámara digital acoplada y un software de análisis de imagen llamado Image ProPlus 5.1.

Metodología de descripción de estratos para estucos

Desde los primeros trabajos de conservación en artefactos arqueológicos, la descripción del objeto y de su estado de conservación se ha considerado indispensable para preservar o estudiar los artefactos. Durante la realización de este trabajo se observó que era necesario encontrar un método de descripción que pudiera dar cuenta de la complejidad que presenta un estuco para hacerla comprensible. Así la idea general del método que se plantea en esta tesis es una adaptación de los trabajos del Dr. Regis Bertholon quien desarrolló un sistema para la descripción de corrosiones en artefactos metálicos que permite construir una visión sintética de casos complejos de corrosión y que con ciertas modificaciones puede hacer lo mismo para los estucos, además de permitir encontrar elementos esenciales para el diagnóstico y la comprensión de la técnica de manufactura (Bertholon, 2001).

Los objetivos son similares a los descritos por el investigador (2000): poder describir cualquier estuco (relieve, aplanado, pintura mural), permitir una descripción a escala macroscópica o con lentes de bajo aumento disponibles en taller o campo, describir a escala microscópica con ayuda de diferentes medios de observación (microscopio óptico, electrónico, etc.), tener coherencia e interrelacionar las observaciones macroscópicas y microscópicas; permite una descripción más o menos completa en función de los objetivos, de los medios y del material con el que se cuenta.

La descripción se realiza básicamente en 3 niveles:

1. El primer nivel concierne a las unidades descriptivas o estratos, que son la base del método. Los estucos están formados y son percibidos la mayoría de las veces como un conjunto de estratos de forma y naturaleza variada. Cada estrato será descrito con diferentes características que se mencionan más adelante en el texto, así como sus interfases. Para conformar este nivel se realizará una base de datos con la información obtenida del análisis conforme a las tablas que se presentan más abajo en este capítulo.

2. El segundo nivel se trata de la organización de los estratos entre ellos; es decir, como se estructuran los diferentes estratos e interfases. Este nivel de descripción se

presentará en los resultados mediante tablas de resumen del paso anterior y la presentación de una descripción general de los estucos de cada edificio.

3. El tercer nivel de descripción está constituido por la constitución de tipos de estucos, es decir una estructura particular que se define por la organización y naturaleza de los estratos. Este nivel de descripción se alcanzará en la discusión de resultados donde se llegaran a definir los diferentes tipos de estuco que hay en Dzibanché.

Ahora bien, para poder realizar los tres niveles antes mencionados se requieren de herramientas cognitivas, que ayuden a formar una estructura mental de organización conceptual de información en la memoria humana; esto es esencial para la integración, estructuración y asimilación de nuevo conocimiento. Es posible construir estrategias para la adquisición de nuevo conocimiento si se toman en cuenta los principios cognitivos por los que se rige la manipulación simbólica y construcción de relaciones entre conceptos propias de la organización de un esquema mental; una de estas estrategias se denomina agrupación de información por trozos (o *chunking*) que se refiere a preparar la información en grupos que permitan su clasificación, comparación o manipulación para su procesamiento posterior (López 2001).

En este caso, la estrategia cognitiva se realizará desarrollando conceptos con definiciones precisas que determinarán los procesos de descripción con características establecidas; ello generará información ordenada y estandarizada que permitirá comparar posteriormente los datos recabados.

Ahora bien, todas las descripciones implican pasar de las observaciones a la información escrita y para ello hay diferentes etapas: observar y seleccionar las características que pueden ser descritas; evaluar o medir los diferentes caracteres de los estratos, fases, interfases y componentes; vaciar la información de manera metódica en fichas (Bertholon, 2001).

Cabe mencionar que el grado de descripción puede variar según los medios materiales a nuestro alcance, los tiempos con los que se cuenta y la selección de caracteres a describir. También se puede limitar una descripción según los objetivos particulares del trabajo a realizar. Además las medidas de ciertas características pudieran no ser efectuadas pero por ello la evaluación es importante; ésta puede estar basada en pruebas cualitativas semicuantitativas o por comparación (Bertholon, 2001).

Conceptos a utilizar

Los materiales constitutivos de los estucos presentan una gran complejidad en naturaleza y disposición espacial; para poder describirlos se propone, siguiendo el trabajo del Dr. Bertholon (2000, 2001), que los estucos sean considerados como un conjunto ordenado de estratos que se disponen en una estructura particular.

Los estratos se definen como una parte del material constitutivo que presentan una cierta homogeneidad en las características observadas. Un estrato, entonces, es el resultado de una separación razonada del conjunto que conforma el objeto en volúmenes considerados homogéneos; sin embargo, la homogeneidad dependerá de la escala de observación, es decir, es relativa ya que admite cierta heterogeneidad en el detalle puesto que, generalmente, los estratos están formados de materiales mezclados. Los estratos constituyen la unidad descriptiva del objeto junto con las interfases que se generan por la estructuración de los mismos.

No obstante, estas unidades descriptivas se subdividirán en fases ya que están formados por materiales heterogéneos cada uno de los cuales requieren de su propia descripción. Esta subdivisión está básicamente formada por clases de entidades fijas (sustantivos) que definen de manera general la naturaleza/función.

Estas fases tienen componentes determinados; éstos ya no son definidos en cuánto a conceptos o sustantivos sino a su materialidad.

La descripción se realizará del nivel de la superficie hacia adentro.

En este trabajo, y derivado del estudio de los trabajos del Dr. Bertholon (mencionados arriba) pero modificando sus conceptos para hacerlos aptos a morteros de cal, se proponen las siguientes definiciones para conceptos que pueden ser conflictivos partiendo de los trabajos antes mencionados pero con modificaciones:

Estrato: Capa subhorizontal, paralela a la superficie de aplicación y que está limitada por interfases. Los estratos pueden ser homogéneos (con un sólo componente) o heterogéneos (varios componentes que se agruparán en fases). De ser homogéneos se considerará que son monofásicas y tienen un sólo componente; mientras que los que son heterogéneos tendrán dos o más fases y serán multifásicas. Los estratos se clasificarán en tipos con un sustantivo que haga referencia a la suma de la naturaleza de sus fases y

componentes (ver *infra*). Los estratos incluirán además de los propios del estuco, los formados por intemperismo, o actividad humana.

Interfase: Límite entre dos estratos adyacentes.

Fase: Concepto que pretende separar los diferentes materiales dentro de cada estrato; cada tipo de fase tiene su propia homogeneidad ya que agrupa componentes con funciones y composiciones similares. Aunque más adelante se definirán todas las fases, es importante aclarar desde ahora dos de los conceptos utilizados.

a) Matriz: También encontrada en la literatura como ligante o cementante corresponde a todos aquellos minerales que unen a diferentes partículas dispersas en ella, puede ser cal, yeso, arcillas, etc. En este caso se tomará como matriz únicamente la fase intersticial, continúa de calcita micrítica que está alrededor de todas las partículas que no comparten sus características físicas y morfológicas. Esta fase corresponde a la parte de la cal que si se convirtió en hidróxido de calcio y posteriormente se mezcló y recarbonató, sin tomar en cuenta las otras partículas presentes en las pastas de cal apagada.

b) Inclusiones: En este trabajo se definirá como inclusión, cualquier partícula que tenga un límite definido con la matriz anteriormente mencionada. Estas partículas pueden tener diferentes proveniencias. Carga o agregado se utilizará únicamente para designar a las partículas agregadas intencionalmente (sascab, piedra molida, material vegetal, entre una gran gama de posibilidades). No obstante hay partículas que pueden provenir del proceso de la quema de la cal cuando ésta es incompleta (caliza no quemada, caliza parcialmente quemada, etc.) o pueden estar accidentalmente adicionados durante cualquiera de los procesos de fabricación de las mezclas de cal (nódulos de cal que no fue bien batida, carbón de la leña, partículas edáficas al revolver la mezcla, entre muchos otros). Este término se prefiere por la imposibilidad de distinguir en el caso del área maya, las cargas intencionalmente agregadas a las partículas añadidas por accidente o partículas que forman parte de la pasta de cal ya que todas presentan más o menos los mismos tipos de minerales, morfologías, etc.

Componente: unidad mínima con la que se puede describir un estrato. Es posible discriminarlo del resto ya que tienen un límite definido dentro de cada fase. En este trabajo los componentes se clasificarán según la composición química, mineralógica y tamaño de cristal.

Cada elemento mencionado con anterioridad tendrá una forma de codificarse: los estratos se codificarán con letras mayúsculas seguido de un número que indicará su posición perpendicular a partir de la superficie iniciando por el 1 y un subíndice que indicará el espesor del mismo (en el caso de los estucos además tendrán una letra minúscula que indicara el tipo de estuco); los estratos secundarios se codificarán de la misma manera pero se separarán de los primeros por un punto. El código de las fases, también en mayúsculas, estará seguido de un subíndice que indicará el porcentaje del área que ocupa cada una (ver *supra* para la tabla de evaluación) y se distinguirá de las primeras por estar separada por un guión; el código de los componentes estará descrito en minúsculas y separado por puntos y comas seguidos de un número que indicará la frecuencia con la que se encuentra en cada fase (1-muy escaso, 2-escaso, 3-común, 4-abundante, 5-dominante). Las interfases se indicarán utilizando un / entre los códigos de los estratos adyacentes. A continuación se exponen las tablas de clasificación de cada concepto mencionado anteriormente y las características que se deberán describir de cada uno. Los conceptos de descripción micromorfológica se han tomado de Stoops (2001).

Tipos de Estratos

| Tipo de estratos | Definición | Código |
|-----------------------------|--|--|
| Material no mineral | Estrato constituido principalmente por material no mineral, ya sea biofilm, láminas metálicas, etc. | MNM |
| Depósito | Estrato formado principalmente por precipitación química o formación biológica en contacto con el estuco | D |
| Sedimento | Estrato formado principalmente de sedimentos, generalmente una mezcla de tierra, restos minerales, y orgánicos | S |
| Estuco | Estrato constituido por un cementante (cal) y agregados o cargas (diferentes naturales). Entre paréntesis y en minúscula se indicará su clasificación. | E (e) enlucido (r) repellado (g) repellado gris |
| Estuco intemperizado | Estuco que presenta efectos de deterioro como pulverulencia, disolución del cementante o de las cargas, recristalización, ataque biológico, etc | EI |

| | | |
|-----------------------|--|----|
| Capa pictórica | Estrato que presenta un color intencional, sin importar las partículas que proporcionan color (pigmentos, lacas, etc) ni el aglutinante o cementante (cal, yeso, polímeros, etc) | CP |
|-----------------------|--|----|

Tabla 2: Estratos

Características a describir de cada Estrato

| Grupo de Características | Carácter | Definición |
|--------------------------|-------------------|--|
| Continuidad | Continuo | Estrato que no presenta interrupción en la zona observada. |
| | Discontinuo | Estrato presente con interrupciones en la zona observada |
| Morfología | Costra | Estrato externo, continuo o discontinuo, de espesor considerable pero que puede ser irregular |
| | Film | Estrato externo o interno continuo o discontinuo, fino, de espesor más o menos regular regular |
| | Velo | Estrato externo continuo o discontinuo muy fino que deja ver el estrato inmediato inferior |
| | Estrato filiforme | Estrato en forma de filamentos o cabellos. |
| | Capa | Estrato interno continuo o discontinuo. |
| Dimensiones | Espesor | Medida (μm o mm), en caso de no tener el instrumento adecuado se pueden dar estimaciones de valor máximo, valor mínimo y media. |
| Color | Incoloro | Si es un estrato transparente o translúcido sin color se describirá la luminosidad: claro, oscuro |
| | Blanco | Admiten descriptores secundarios que pueden ser de luminosidad y saturación (pálido, vívido, saturado, deslavado), e incluso un color secundario utilizado como matiz: blanco-amarillento. |
| | Gris | |
| | Negro | |
| | Pardo | |
| | Rojo | |
| | Rosa | |
| | Violeta | |
| | Azul | |
| | Azul turquesa | |
| Verde | | |

| | | |
|-----------------|--------------|--|
| | Amarillo | |
| | Anaranjado | |
| Dureza | Blando | Se raya con una punta de madera dura |
| | Suave | No se raya con punta de madera pero es fácilmente rayable con una punta de acero |
| | Duro | Se raya difícilmente con punta de acero |
| | Muy duro | No se raya con punta de acero |
| Cohesión | Tenaz | No se puede fragmentar haciendo presión con una punta de acero o bisturí |
| | Quebradizo | Puede ser fragmentado haciendo presión con una punta de acero o bisturí |
| | Friable | Se fragmenta con la ayuda de una punta de acero o bisturí formando polvo |
| | Pulverulento | No presenta ninguna cohesión |

Tabla 3: Características de estratos

Tipos de Fases

| Tipo de Fases | Definición | Código |
|----------------------|---|---------------|
| Matriz | Material intersticial que rodea partículas, puede ser de origen inorgánico u orgánico (puede ser cal, yeso, arcilla, resinas, proteínas, gomas, aceites, etc) | MA |
| Inclusiones | Partículas que están rodeadas por una matriz. Se considerará como inclusión cualquier tipo de partícula, esté adicionada intencionalmente o no. Ocupan un espacio dentro de la matriz proporcionando estructura e impidiendo que esta se contraiga demasiado. | I |
| Pigmentos | Partículas inmersas en una matriz que fueron adicionadas intencionalmente en el proceso de factura para cambiar el color del estrato. | PI |
| Biológica | Está conformada por organismos biológico, ya sea microorganismos, plantas o animales (en este último caso puede tratarse de moluscos adheridos y que no forman parte de la técnica de manufactura) | B |
| Metálica | Está conformado por metales, generalmente en forma de láminas que se adhieren para dar efectos decorativos. | ME |

| | | |
|-----------------------|---|----|
| Porosidad | Cualquier espacio vacío dentro de los estratos, para este trabajo se consideren porosidad tanto las grietas y fisuras formadas por intemperismo o procesos de secado, como los poros estructurales. | PO |
| Neoformaciones | Fase constituida por minerales reprecipitados | N |

Tabla 4: Fases

Características a describir de las Fases

| Grupo de Características | Carácter | Definición |
|---------------------------------------|---|--|
| Continuidad | Continuo | Estrato que no presenta interrupción en la zona observada. |
| | Discontinuo | Estrato presente con interrupciones en la zona observada |
| Distribución espacial | Disperso | Diversos componentes de la fase separados los unos de los otros y repartidos por la zona observada |
| | Agrupado | Diversos componentes de la fase que están cercanos o integrados en la zona observada |
| | Aislado | Fase constituida por uno o varios componentes que presentan un volumen minoritario y que no se repite en la zona observada |
| Dimensiones | Área ocupada | Medidas en % o μm^2 o mm^2 . Se puede medir en caso de tener las herramientas adecuadas o evaluar con tablas de diagnóstico visual si no se cuenta con ellas |
| Homogeneidad | Homogeneidad | Está formado por componentes de la misma clase |
| | Heterogeneidad | Está formada por componentes de diversos tipos |
| Clasificación (<i>Sorting</i>) | Variación en tamaño de los componentes de la fase | Para la mayoría de los propósitos un estimado al ojo es satisfactorio y para |

| | | |
|--|--|---|
| | | ello se pueden usar estas clases: perfectamente separado: solo un tamaño de partícula está presente bien separado: 5-10% de otras fracciones moderadamente separado: 10-30% de diversas fracciones mal separado: no hay tamaños de componente dominante dominantes |
|--|--|---|

Tabla 5: Características de las fases

Tipos de Componentes

Hacer una lista de todos los componentes que se pueden encontrar en los estucos parece impertinente para el caso, por ello se presentan los componentes que pueden relacionarse a este caso en particular. Esta lista es la que más se puede ampliar según lo heterogéneo que resulten los estratos que compongan al estuco y las fuentes geológicas que haya en la región.

| Fase | Tipo de Componentes | Definición | Código |
|--------------------|--|--|--------|
| Matriz | Cal | Carbonato de calcio que tiene la función de cementante (estucos), está compuesto de micrita que se compone de carbonatos de calcio micro o criptocristalinos menores a 2 μm | cl |
| Inclusiones | Partícula micrítica | Partícula compuesta de cristales de calcita micro o criptocristalinos menores a 2 μm . | pm |
| | Partícula de carbonatos de grano grueso (microesparita, esparita o dolomita) | Partícula compuesta de cristales de calcita mayores a 5 μm . Generalmente se denomina microesparita a los granos entre 5-10 μm ; puede tratarse de monocristales o no. | pg |
| | Partícula heterogénea | Partícula formada por granos de micrita y granos gruesos de carbonatos, así como otros componentes como arcillas. | ph |

| | | | |
|------------------|---------------------|---|----|
| | Arcilla | Filosilicato formado por silicatos de aluminio hidratados. | a |
| | Pedernal/cuarzo | Óxidos de silicio criptocristalino o cristalino, respectivamente. | pd |
| | Feldespatos | Minerales tectos y aluminosilicatos que se componen de un armazón de silicio y aluminio con metales alcalinotérreos en los espacios. | ff |
| | Concha | Cobertura rígida, exterior de los moluscos. Está formada por aragonita y conchiolina; Sin embargo, dado que la aragonita es inestable suele haberse transformado a calcita en fósiles o restos antiguos. | co |
| | Tejido Vegetal | Células vegetales interconectadas ya sean leñosas o no leñosas que no presentan carbonización. | pl |
| | Carbón | Material vegetal quemado, está formado principalmente por carbono, es altamente poroso; a veces conserva algunas estructuras de la planta. | cb |
| | Partículas edáficas | Son parte del suelo, se reconocen por tener una matriz criptocristalina, con materia orgánica coloidal lo que lo hace aparecer grisáceo, junto con partículas muy diversas, arcillas, granos gruesos, partículas micríticas, carbón, etc. | pe |
| Pigmentos | Hematita | Óxido de hierro Fe_2O_3 de sistema cristalino trigonal. Color rojo intenso | hh |
| | Especularita | Misma composición que la hematita pero se presenta en forma "laminar" y refleja la luz. | e |
| | Goethita | α - $FeO(OH)$, hidróxido de hierro de color amarillento a rojizo e incluso pardo. De | g |

| | | | |
|------------------|----------------------------------|---|----|
| | | sistema cristalino ortorrómbico | |
| | Limonita | Mezcla de óxidos de hierro hidratados e hidróxidos de hierro; en principio se pensó que era un mineral con una composición definida, ahora se admite que está constituida por varios componentes amorfos y criptocristalinos entre ellos: goethita, lepidocrosita, turgita así como hidróxidos de hierro amorfos; aparece muy a menudo como el producto de meteorización de todos los minerales que contienen hierro. | l |
| | Azul maya | Pigmento laca formado por la interacción entre una arcilla (sepiolita pero principalmente paligorskita) con azul índigo. | am |
| | Negro | Carbón vegetal u obtenido de los huesos quemados | n |
| Porosidad | Poros estructurales | Espacios vacíos que se forman por la técnica de manufactura utilizada | pe |
| | Poros Secundarios | Espacios vacíos formados por procesos de deterioro | ps |
| Biológica | Algas | Protistas fotótrofos | al |
| | Bacterias | Microorganismo procariotas que miden unos pocos micrómetros. (Las cianobacterias están en este grupo aunque durante mucho tiempo se les considerara como algas) | bc |
| | Hongos | Organismos eucariotas que poseen sus paredes celulares formadas por quitina. | hn |
| | Líquenes | Simbiosis entre un alga o cianobacteria (ficobionte) y un hongo (micobionte). | lq |
| | Microorganismos no identificados | Probablemente alguno de los anteriores, pero que no podemos identificar | mn |
| | Plantas | Organismos eucariotas autótrofos, fotosintéticos, | pt |

| | | | |
|-----------------------|------------------|--|----|
| | | sin locomoción, con clorofila, y con paredes celulares compuestas por celulosa y lignina en algunos casos. | |
| | Animales | Organismos eucariotas, heterótrofos, pluricelulares y tisulares que se caracterizan por su capacidad de locomoción, ausencia de clorofila y pared en las células y desarrollo embrionario. | an |
| Neoformaciones | Óxidos de hierro | Compuestos de hierro y oxígeno forman minerales como la hematita, goethita, lepidocrita, etc | oh |
| | Lublinita | Calcita de forma acicular. | lb |
| | Calcita | Mineral formado por carbonato de calcio y trigonal | cn |
| | Silicatos | Minerales formados principalmente e silicio y oxígeno | sl |
| | Yeso | Mineral formado por sulfato de calcio hidratado | y |
| | Halita | Sal formada por cloruro de sodio | Ha |

Tabla 6: Componentes

Características a describir de Componentes

| Grupo de Características | Carácter | Definición |
|--------------------------|------------------------------------|---|
| Composición | Química | De qué elementos se compone |
| | Mineralógica | De qué minerales se compone |
| Dimensiones | Tamaño/granulometría de partículas | Tamaño de las partículas, no de los cristales que lo componen |
| | Tamaño y forma de cristales | Se describirá en lo posible el tamaño de los cristales que forman la partícula |
| Forma | Equidimensionalidad | Relación entre los tres ejes perpendiculares: achatado-disco (oblate), equidistante-esferoide (equant), triaxial-hoja (triaxial), prolado-barra (prolate), acicular, y acicular planar. |
| | Redondez | Se refiere a la relación entre el radio medio de la curvatura de los bordes o esquinas y el radio de la |

| | | |
|---------------------|----------------------------|--|
| | | curvatura de la esfera en la que se puede inscribir la partícula. Se dividen en muy anguloso, anguloso, subangular, subredondeado, redondeado, muy redondeado. |
| | Esfericidad | Se refiere a la forma total de la partícula sin importar lo agudo de sus bordes o esquinas. Se divide en baja esfericidad, esfericidad media y alta esfericidad. |
| | Rugosidad de la superficie | La rugosidad puede deberse a varios procesos: intemperismo, proyección de partículas finas o gruesas en los poros, transportación, precipitaciones químicas. Se dividen en: Rugosa: la superficie tiene indentaciones más profundas que anchas. Ondulada: dominada por ondulaciones anchas y poco profundas. Liso: hay pocas o ninguna irregularidades en la superficie. |
| | Límite | Depende de los aumentos que se utilicen, y hay dos propiedades importantes: Contraste-prominente, perceptible, borroso. (Se toman en cuenta el color, tamaño de partícula, colores de interferencia, en comparación con la matriz) Nitidez: nítido, claro, difuso. |
| Variabilidad | Variabilidad | Baja: pequeñas diferencias en una característica de individuos de la misma clase. Media: diferencias moderadas en una característica o diferencias débiles en varias características. Alta: fuertes diferencias en una característica o diferencias moderadas en varias. |
| Color | Color | Normalmente la descripción del color es más difícil por la falta de un esquema equivalente a la Tabla Munsell, sin embargo generalmente lo que se describe es el color en luz polarizada ³⁵ , aunque algunos deben ser descritos también con luz oblicua reflejada. La descripción de colores es especialmente útil en el caso de materiales criptocristalinos y amorfos. |
| Frecuencia | | Dominante: Más del 70% del área Frecuente: 40-70% del área Común: 15-40% del área Escaso: 10-15% del área Muy escaso: Menos del 5% del área |

El color en las láminas delgadas depende de: el grosor ya que a veces un cambio mínimo en el grosor causa un cambio significativo en el color; el tipo de luz utilizada como blanca, blanca azulada, blanca amarillenta; los aumentos utilizados ya que a bajos aumentos un material puede parecer negro y opaco y a mayores pardo.

Tabla 7: Características de componentes.

Para los poros es importante considerar también

| Grupo de Características | Carácter | Definición |
|--------------------------|---|--|
| Tipos | Poros de empaquetamiento (<i>packing pores</i>) | Poros resultantes de el empaquetado suelto del estuco, son de equidistantes a elongados, muchos interconectados. |
| | Vesículas (<i>vesicles</i>) | Poros relativamente grandes cuyas paredes consisten en curvas suaves y simples. Equidistantes, prolados u oblados. Pueden estar causados por burbujas de aire. |
| | Canales (<i>channels</i>) | Poros tubulares suaves con secciones transversales cilíndricas o arqueadas uniformes en gran parte de su longitud. Generalmente son canales formados por raíces o de origen biológico; en secciones aparecen redondeados o como pequeños poros prolados con bordes redondeados |
| | Cavidades (<i>vughs</i>) | Más o menos equidimensionales, irregulares, lisos o rugosos que generalmente no están interconectados con otros de tamaño comparable, resultan de la soldadura de agregados, disrupción de la estructura o disolución de componentes. |
| | grietas (<i>planes</i>) | Planares, vacíos planos acomodados o no, rugosos o lisos, resultado de encogimiento o deslizamientos, aparecen como poros elongados terminando en al menos una punta. Sin embargo no siempre son rasgos lineales rectos. |

Tabla 8: Poros

La información recopilada usando el método anterior será recopilada en una base de datos que se colocará como Anexo 4, la información revisada, contrastada y analizada dará parte a la sección de resultados.

Los términos descriptivos para referirse al tamaño de partícula se realizarán según la siguiente tabla tomada de Stoops (2001):

| Clasificación | Tamaño (µm) |
|------------------|-------------|
| Arcilla | <2 |
| Limos | 2-50 |
| Arena muy fina | 50-100 |
| Arena fina | 100-200 |
| Arena media | 200-500 |
| Arena gruesa | 500-1000 |
| Arena muy gruesa | 1000-2000 |
| Grava fina | >2000 |

Tabla 9: Granulometría

A continuación se presenta la tabla de muestras que se utilizaron para hacer láminas delgadas.

| Edificio | No. de muestra | Lugar de muestreo | Descripción |
|------------|----------------|---|--|
| Edificio 2 | 1 | Estuco desprendido proveniente del segundo cuerpo bajo el relieve de la montaña sagrada del lado deteriorado. | Fragmento de estuco policromado en rojo el cual exhibe el deterioro particular en forma de red. El estuco es pulverulento y suave en la superficie deteriorada, mientras el que está bajo el color rojo se presenta bastante duro. La muestra tiene parte del estrato gris que está directamente sobre el soporte. |
| | 2 | Estuco desprendido. Proveniente de unos esgrafiados en forma de piedra verde. | Muestra de estuco con restos de capa pictórica azul verdoso. Se observa granuloso y deteriorado. |
| | 3 | Sección que ya estaba desprendida proveniente del lado derecho del relieve de la montaña . | Muestras de estuco deteriorado con alto grado de pérdida de material superficial y muy pulverulento que cuenta con restos de la capa de repellido gris. |

| | | | |
|--------------------------|----|--|--|
| | 4 | Sección ya desprendida del área entre ambas montañas. | Muestra de estuco que presenta color anaranjado en la superficie que se parece al color que queda en el estuco una vez que el rojo se ha desprendido de la superficie. Sólo se conserva el estuco sin el repellado gris. |
| | 5 | Sección desprendida del área de la montaña deteriorada. | Muestra con restos de rojo, con estuco poco deteriorado y estuco muy degradado. Conserva parte del repellado gris. |
| | 9 | Sección tomada del área de la montaña sagrada | Muestra de repellado gris muy deleznable. |
| | 10 | Muestra tomada <i>in situ</i> del área a la derecha de la montaña sagrada . | Presenta capa pictórica y sales en la superficie, fuera de eso, bien conservada aunque se encuentra en la sección del escurrimiento. |
| Plaza Pom | 6 | Identificada por arqueología como V1-19 Capa IIIc, 11 dic. 2009. | Elemento decorativo de un relieve en estuco con forma de U. Está policromado en rojo con restos de azul en la parte inferior. Se observan al menos 2 capas de estuco, una fina y una gruesa. |
| | 7 | Identificada por arqueología como ES-FN-1, derrumbe/nivel 2, 2009. | Decoración en forma de gota con policromía roja. Sólo se puede distinguir a simple vista un color y una fase de estuco. |
| | 8 | Identificada por arqueología como V1-18 Capa III c. La muestra que presenta capa pictórica azul sin amarillo fue denominada como 8a. | Elemento decorativo en forma de voluta doble. Presenta capa pictórica azul sobre rojo con una capa amarilla encima que parece de naturaleza distinta. Se distinguen al menos dos capas de estuco, una fina y una gruesa. |
| Pequeña Acrópolis | 11 | muro 10 este | Fragmentos recolectados del piso. Parecen haberse desprendido por la acción de un escurrimiento de agua ya que hubo abundantes lluvias. Húmedo. Presenta parte del estrato gris, estuco grueso, estuco fino, rojo estuco medio y anaranjado. |
| | 12 | muro 14 norte | Fragmento con sales desprendidos del muro. Parte seca. |
| | 13 | muro 14 norte | Parte húmeda. |
| | 14 | muro 29 oeste | Muro erosionado, húmedo de lluvia. Muestra con una capa presente todavía de estuco bruñido. |
| | 15 | muro 29 oeste | Muestra de enlucido erosionada húmedo por la lluvia |
| | 16 | muro 31 este | Capa superior de estuco rojo. Muy delgada sobre aplanado gris. |
| | 17 | muro 31 este | Capa de estuco rojo |
| | 18 | muro 31 oeste | Interior de la crujía, estuco erosionado |

| | | | |
|----|---------------|--|--|
| | | | seco |
| 19 | muro 31 oeste | | Interior de la crujía, partes sin bóveda, escurrimiento erosionado y microorganismos |
| 20 | muro 36 norte | | Escurrimiento, microorganismos muy activos. Muy húmedo |
| 21 | piso | | Se tomó en el vano entre los muros 17 y 16 del edificio este. |
| 22 | muro 36 norte | | Parte seca, sales. |
| 23 | muro 9 sur | | Mojado por la lluvia, erosionado con mucho pedernal |

Tabla 10: Muestras con las que se elaboraron láminas delgadas

Proporción cementante/inclusiones por medio de análisis de imagen

El análisis petrográfico será una herramienta fundamental para poder establecer las proporciones de los elementos presentes en los estucos y permitirá formar un catálogo de fotografías digitales de los componentes y distribuciones más características en las láminas petrográficas de estos estucos.

Dado que no se pudo hacer un análisis cuantitativo por consumir una gran cantidad de tiempo (aunque se desarrollo la metodología para realizarlo en trabajos posteriores), se realizaron evaluaciones con una tabla de proporciones utilizada para cuantificar por medio de imágenes

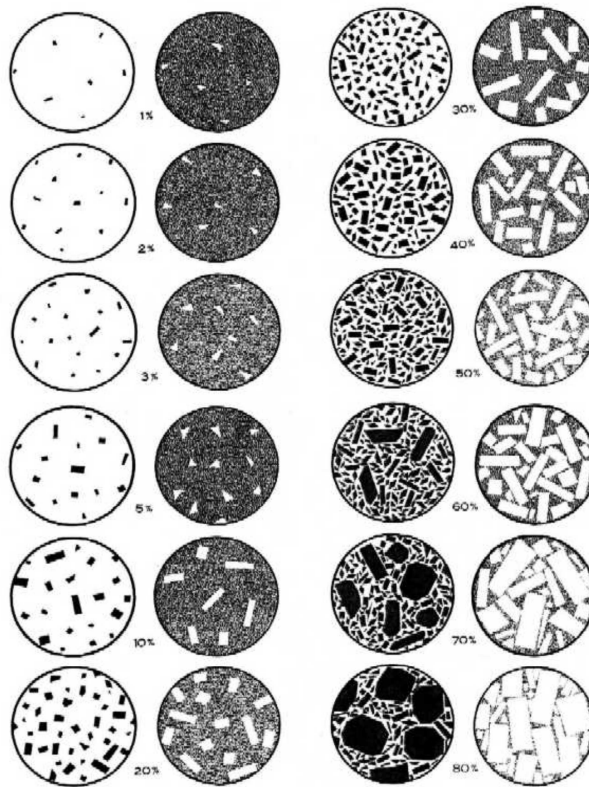


Chart for determining the approximate modal (volume) percentage of minerals in rocks.

Ilustración 27: Tabla visual de proporciones

pre diseñadas el porcentaje de cristales en rocas. Estas tablas visuales (Il.27, tomada de Philpotts, 1989) están hechas para ayudar al analista a determinar las proporciones de los granos presentes dentro de la matriz cementante y el margen de error es una media de 5%,

aunque siempre es inferior a 10% (Coutelas, 2003). Se determinaron con esta técnica los porcentajes de la matriz, las inclusiones, los pigmentos y la porosidad. Una vez determinados los porcentajes de cada una se pudieron evaluar las proporciones entre lo que actualmente está cementando y lo que son partículas o poros que no tienen esta función.

Cabe recordar que la estimación de áreas es de suma importancia ya que por medio de la estereología se pueden relacionar áreas con volúmenes, en este caso, el área que ocupan las inclusiones en la lámina petrográfica es igual al volumen que ocupan en tercera dimensión (Cruz-Orive, 2003).

Para obtener las proporciones en relaciones volumen:volumen entre la matriz, las inclusiones y la porosidad se hace lo siguiente: El porcentaje de la matriz se utiliza como común denominador en fracciones que utilizan como numerador los porcentajes de las áreas obtenidas por el análisis visual, y se efectúa la división para obtener las relaciones volumen:volumen. De este modo:

| Áreas | Fracciones | Relación |
|--------|---------------------|-----------------|
| MA 56% | $MA \ 56/56 = 1$ | volumen:volumen |
| I 44% | $I \ 44/56 = 0.78$ | |
| PO 10% | $PO \ 10/56 = 0.17$ | 1:0.78:0.17 |

Es importante mencionar que estas proporciones no son las fórmulas con las que los mayas de Dzibanché hicieron los estucos. Dentro de las partículas evaluadas habrá algunas que pertenezcan a la pasta de cal apagada con que se realizó el mortero como nódulos de cal, calizas no quemadas y calizas parcialmente quemadas, partículas incorporadas accidentalmente y las cargas en sí mismas. El problema radica que, en el caso del área maya, todos los grupos anteriores tienen la misma composición mineralógica y más o menos la misma textura y forma por lo que saber si una inclusión pertenece a las cargas o a las partículas que acompañan a las pastas de cal es muy complicado. Eso no quiere decir que en otras áreas culturales, donde los agregados están compuestos de minerales muy diferentes a la cal, las proporciones entre cal y cargas no puedan ser evaluadas. Por otro lado, las mezclas de cal y arenas tienen agua, la cual al secarse deja vacíos y reduce el volumen de la cal ya fraguada.

Así, la proporción en que se encuentran todos los componentes en las láminas petrográficas en este estudio podrá ser sólo un indicador de las diferencias intrínsecas de los estucos hoy en día y no de las diferencias específicas en su preparación. No obstante, cuando las diferencias son notables, sí se podrá hablar de grupos técnicos distintos.

Por otro lado, estas proporciones podrán ser utilizadas para diseñar mezclas para conservación y restauración compatibles y con las características deseadas para cada caso en particular; ya que no se pretende llegar a formular la receta original de los estucos, sino morteros que tengan características particulares en relación a los morteros como se presentan en la actualidad.

Microscopia electrónica de barrido/Energía Dispersiva de Rayos X (EDS)

El microscopio electrónico de barrido (MEB) funciona con un cátodo de tungsteno que emite electrones que pasan por una columna con vacío de alrededor de 10^{-7} Torr. En ella el haz de electrones es concentrado por lentes electromagnéticas desde 25.000-50.000 nm hasta unos 10 nm, así mismo la intensidad de la corriente se disminuye, lo que implica una menor cantidad de electrones primarios. Este haz de electrones es entonces desplazado por la superficie de la muestra barriendo la muestra con idas y venidas continuas, la movilidad se logra gracias a un sistema de bobinas de barrido situadas en la misma columna del instrumento. Con la interacción del haz con la superficie de la muestra (que puede estar o no recubierta con oro o carbón) se producen electrones secundarios que son captados por un detector. Estos se hacen incidir sobre un escintilador donde cada electrón da origen a varios fotones: luego estos últimos son dirigidos hasta un fotomultiplicador donde cada fotón dará origen a un fotoelectrón que a través de una serie de dinodos con diferencias de potencial dan como resultado una gran cantidad de electrones secundarios y por lo tanto señal eléctrica que pasa a una pantalla de observación donde la imagen es formada punto por punto y línea por línea (Renau y Faura, 1994).

Durante la interacción con la superficie de la muestra se obtienen las siguientes señales (Vázquez y Echeverría, 2000):

Electrones secundarios: La muestra emite electrones secundarios debido a la colisión con el haz incidente de electrones. La señal así obtenida sirve para generar imágenes tridimensionales de alta resolución SEI (*Secondary Electron Image*); estos electrones provienen de los primeros nanómetros de la superficie de las muestras.

Electrones retrodispersados: Algunos electrones primarios son reflejados o retrodispersados tras interactuar con los átomos de la muestra. La intensidad de emisión de estos está directamente relacionada con el número atómico medio de los átomos del espécimen estudiado: los más pesados producen mayor cantidad de electrones retrodispersados, lo que permite la obtención de imágenes planas de composición y topografía de la superficie BEI (Backscattered Electron Image).

Absorción de electrones: La muestra absorbe electrones en función de su composición y su espesor, lo que produce una diferencia de contraste en la imagen.

Emisión de rayos X: Cuando los electrones de niveles internos son expulsados por la interacción de los electrones primarios existen transiciones entre los niveles de energía con la consiguiente emisión de rayos X relacionados directamente con la composición elemental de la muestra; esto permite realizar análisis químicos mediante espectroscopía por dispersión de energía (EDS).

El detector EDS permite tanto hacer gráficas de elementos que se encuentran en un punto como en un área que el usuario puede especificar, como mapeos de elementos en áreas particulares. Si la muestra no está adecuadamente pulida, o se utiliza el detector en muestras no preparadas para material inorgánico entonces la composición elemental resultante sólo podrá tomarse como un acercamiento a la composición de la muestra ya que al no tener una superficie plana y lisa la energía detectada puede provenir no sólo del área deseada sino de las áreas circundantes.

Para estudiar la micromorfología de los estucos se utilizarán especímenes sin preparar y se examinarán tanto la superficie como las secciones transversales y se sondeará tanto al mortero como a la capa pictórica. Para analizar la composición elemental se utilizarán los bloques con cortes transversales que se obtienen después de la impregnación con resina para la laminación de las muestras. Estos bloques se pulirán adecuadamente para realizar estudios de composición elemental mediante mapeos y mediante gráficos en puntos de interés particular, estos análisis se utilizarán fundamentalmente para estudiar las capas pictóricas aunque no se descartan para estudiar algún rasgo distintivo o interesante de los morteros.

Para el estudio se utilizó un microscopio electrónico de barrido Jeol JSM6460LV a cargo del Mtro. Gerardo Villa, y se ubica en la Subdirección de Laboratorios y Apoyo

Académico- INAH; éste microscopio utiliza fotografía digital y está equipado con microsonda EDS.

Mediante el estudio de las superficies con MEB se espera recuperar más información sobre la micromorfología de las muestras tanto de la capa pictórica como de los morteros. Aunque la petrografía también muestra micromorfología las imágenes exhiben un patrón bidimensional, mientras que las imágenes obtenidas con microscopía electrónica de barrido dan la idea de las formas en tercera dimensión ya que tienen no sólo largo y ancho sino también proporcionan la idea de profundidad ya que permiten observar los ejes x, y y z de los componentes de la muestra.

Con los mapeos y espectros obtenidos con EDS se pretende tener una idea de los elementos y su relación espacial en los cortes transversales relacionándolos con la identificación de minerales realizada con al petrografía. Esto permitirá inferir la composición de las diferentes fases observadas en la imagen obtenida y como éstas últimas se distribuyeron en la muestra. Estos mapeos son particularmente útiles para el estudio de capas pictóricas dónde, aunque la petrografía ayuda, no es tan informativa como este análisis, ya que en las láminas delgadas la luz transmitida que pasa por las capas pictóricas es refractada y por lo tanto toda la capa pictórica se observa del color del pigmento, lo que muchas veces impide la identificación de las partículas minerales. Este problema no existe en el microscopio de barrido, donde muchas partículas de la capa pictórica se pueden observar con claridad, permitiendo realizar análisis de composición elemental puntuales, y mapeos generales.

| Edificio | Correspondencia con las muestras de petrografía | Lugar de muestreo | Descripción macroscópica |
|-------------------|--|---|--|
| Edificio 2 | Muestra 10 | Muestra tomada <i>in situ</i> del área a la derecha de la montaña sagrada . | Presenta capa pictórica y sales en la superficie. |
| | MB1 | Sección desprendida cerca de la mitad izquierda | Presenta capa pictórica roja, estuco fino, estuco medio y fragmentos de capa gris Relativamente bien conservado |
| Plaza Pom | Muestras 6 | Identificada por arqueología como VI-19 Capa IIIc, 11 dic. 2009. | Elemento decorativo de un relieve en estuco con forma de U. Está policromado en rojo con restos de azul en la parte inferior. Se observan al |

| | | | |
|--------------------------|------------|--|---|
| | | | menos 2 capas de estuco, una fina y una gruesa. |
| | Muestra 7 | Identificada por arqueología como ES-FN-1, derrumbe/nivel 2, 2009. | Decoración en forma de gota con policromía roja. Sólo se puede distinguir a simple vista un color y una fase de estuco. |
| | Muestra 8 | Identificada por arqueología como V1-18 Capa III c. La muestra que presenta capa pictórica azul sin amarillo fue denominada como 8a. | Elemento decorativo en forma de voluta doble. Presenta capa pictórica azul sobre rojo con una capa amarilla encima que parece de naturaleza distinta. Se distinguen al menos dos capas de estuco. |
| Pequeña Acrópolis | Muestra 12 | Muro 14, sección húmeda, aunque cuando se revisó ya tenía una capa de carbonatos en la superficie | Estuco con policromía roja y una capa de microorganismos y sales en la superficie. |

Tabla 11: Muestras para MEB-EDS

Difracción de rayos X

La difracción de rayos X (DRX) es una técnica que caracteriza materiales sólidos cristalinos. Los rayos X son una radiación electromagnética con longitud de onda mucho menor a la luz visible. Se producen cuando partículas cargadas eléctricamente y con suficiente energía se desaceleran.

Las longitudes de onda de los rayos X son similares a las distancias interatómicas en los cristales, por ello son difractados por las mallas cristalinas de las sustancias sólidas. La intensidad y posición angular de los rayos X obtenidos pueden ser registradas en una película fotográfica colocada en una cámara especial, o por medio de un contador Geiger de gionómetro que al girar alrededor de la muestra es capaz de recoger los reflejos de difracción y transformarlos en una señal eléctrica que es enviada a un sistema de registro gráfico. Esta imagen constituye el patrón de difracción que es como una huella dactilar de cada material cristalino. De esta manera, existe una relación única entre cada sustancia y su patrón de difracción, por lo que la DRX permite la identificación de sustancias cristalinas por comparación con patrones conocidos preparados por la American Society for Testing Materials (ASTM) o por el International Center for Diffraction Data (ICDD) donde se registran los espaciados δ (interplanares) de miles de sustancias cristalinas (Matteini y

Moles, 2001). Por tanto, este método analítico permite conocer con precisión los minerales encontrados en las muestras de estuco, tanto de los morteros como de los pigmentos utilizados.

Para el análisis, las muestras se molturan y homogeneizan mediante un mortero de ágata. Se analizan utilizando un portamuestras de aluminio (fracciones no orientadas) instalado en un Difractómetro Shimadzu XRD-6000 equipado con monocromador y tubo de cobre. El estudio se realizó por la Dra. Teresa Pi Puig, quién también realizó la interpretación de los difractogramas. La Dra. Pi es responsable del Laboratorio de Difracción de Rayos X, Departamento de Geoquímica, Instituto de Geología, UNAM.

Este estudio es particularmente útil para distinguir si existe dolomita en las muestras ya que es imposible por petrografía saber si los cristales esparíticos grandes de forma romboidal son de calcita o dolomita (excepto si se hace un proceso de teñido). Esto se puede conjuntar con un análisis elemental puntal realizado con MEB/EDS a uno de estos cristales.

| Edificio | No. en petrografía | Lugar de muestreo | Descripción macroscópica |
|--------------------------|---------------------|--|--|
| Edificio 2 | 5 | Sección desprendida del área de la montaña deteriorada. | Muestra con restos de rojo, con estuco poco deteriorado y estuco muy degradado. Conserva parte del repellado gris. |
| | 10 | Muestra tomada <i>in situ</i> del área a la derecha de la montaña sagrada . | Presenta capa pictórica y sales en la superficie. |
| Plaza Pom | 8 | Identificada por arqueología como V1-18 Capa III c. La muestra que presenta capa pictórica azul sin amarillo fue denominada como 8a. | Elemento decorativo en forma de voluta doble. Presenta capa pictórica azul sobre rojo con una capa amarilla encima que parece de naturaleza distinta. Se distinguen al menos dos capas de estuco, una fina y una gruesa. |
| Pequeña Acrópolis | 14 | muro 29 oeste | Muro erosionado, húmedo de lluvia. Muestra con una capa presente todavía de estuco bruñado. |
| | Sin correspondencia | Muro 22 este | Estuco gris desprendido del soporte, sin protección de bóveda o techo de guano. |

Tabla 12: Muestras para DRX

COMPONENTES ORGÁNICOS

Cromatografía de gases/espectroscopia de masas

En la cromatografía de gases la muestra se inyecta en una fase móvil, un gas inerte, que generalmente es helio. En esta fase, los distintos componentes de la muestra pasan a través de la fase estacionaria que se encuentra fijada en una columna. Actualmente las más utilizadas son columnas capilares. La columna se encuentra dentro de un horno con programación de temperatura y la velocidad de migración de cada componente es la función de su distribución entre la fase móvil y la estacionaria. Cada soluto en la muestra tiene una afinidad diferente a la fase estacionaria lo que permite que se separen y a mayor presión de vapor menor tiempo de retención en la columna. Como consecuencia de esta diferencia de movilidad los diversos componentes de la muestra se separan en bandas que pueden analizarse tanto cualitativa como cualitativamente. El cromatograma resultante se compara con cromatogramas de sustancias puras conocidas (Gutiérrez y Droguet, 2002).

La cromatografía de gases se emplea cuando los componentes de la muestra son volátiles o semivolátiles y térmicamente estables a temperaturas de hasta 350-400°C. En cambio, cuando los compuestos a analizar son poco volátiles y/o termolábiles, la técnica separativa adecuada suele ser la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Además el cromatógrafo de gases tiene acoplado un espectrómetro de masas donde se ioniza la muestra mediante diferentes métodos para obtener moléculas ionizadas e iones fragmentos debido a la descomposición de iones moleculares con excesos de energía; el tipo y proporción relativa de estos fragmentos es característico de las moléculas analizadas. Cuando las moléculas están ionizadas se conducen al sistema colector con campos eléctricos o magnéticos; la velocidad que alcance cada ión será dependiente de su masa. La detección consecutiva de estos iones produce el espectro de masas de la sustancia que es diferente para cada compuesto químico y que constituye una identificación precisa del compuesto analizado, después este espectro se compara con espectros de compuestos conocidos (Gutiérrez y Droguet, 2002).

Este análisis se realizó en colaboración con la Dra. María Luisa Vázquez de Agredos Pascual de la Universidad de Valencia y las doctoras María Teresa Doménech Carbó y Laura Osete Cortina de la Universidad Politécnica de Valencia. Se utilizó un Cromatógrafo

de Gases Agilent 6890N acoplado a un Espectrómetro de Masas Agilent 5973N, equipado con sistema de Pirólisis. Para identificación de los compuestos se utilizó un NIST-92 Mass Spectral Data.

Con esta técnica se espera identificar las sustancias orgánicas presentes en los estucos (si es que los hay). Como los materiales orgánicos reportados como aditivos o aglutinantes de los estucos son compuestos poliméricos complejos, su identificación adecuada es complicada, más aún porque las moléculas orgánicas se deterioran con mayor presteza y por lo tanto su composición se puede modificar y dar como resultado espectros un poco diferentes a los espectros de muestras conocidas. No obstante es una técnica recomendable cuando se tiene una muy buena base de datos de sustancias orgánicas conocidas. La Universidad de Valencia tiene una gran cantidad de muestras de materiales orgánicos utilizados en la zona maya recolectados mediante trabajo etnográfico por lo que su base de comparación es excelente.

| Edificio | No. de muestra | Descripción | Estado de Conservación |
|--------------------------|--|--|--|
| Pequeña Acrópolis | DN-A1-No tiene correspondencia con las muestras de petrografía pero si con DRX | Muro 22 sur (edificio este, vano). | Conserva capa pictórica, pero ya se encontraba desprendido del muro y con algunas señales de intemperismo. |
| | DN-A2- Corresponde a Muestra 11 | Muro 10 (edificio sur). tomada in situ. | Conserva capa pictórica. |
| | DN-A3-Corresponde a Muestra 15 | Muro 29 oeste (edificio este). Muro sin bóveda | No conserva enlucido, se observa rugoso y pulverulento |
| | DN-A4- Corresponde a Muestra 14 | Muro 29 oeste (edificio este). Muro sin bóveda | Conserva enlucido de tonalidad rosa, estaba bajo un arranque de bóveda que lo protegía |
| | DN-A5- Corresponde a Muestra 21 | Piso edificio este cerca del muro 17 sur | Conserva capa pictórica y tiene una colonización importante de microorganismos |

| | | | |
|------------------|--|--|---|
| | | | |
| Templo 2 | DNMB1 Correspondencia con MB1 en MEB-EDS | Sección desprendida cerca de la mitad izquierda | Presenta capa pictórica roja, estuco fino, estuco medio y fragmentos de capa gris Relativamente bien conservado |
| | DNMB4 | sección desprendida, cerca de la mitad izquierda del relieve | Presenta capa azul, roja, estuco fino y medio. Relativamente bien conservado |
| | DNMB3 Corresponde a MB3 en MEB-EDS | Sección desprendida de la mitad derecha | No conserva estuco fino, el estuco medio Muy deteriorado |
| Plaza Pom | DNPP Corresponde a Muestra 6 | Sección encontrada en derrumbe | Está en muy buen estado de conservación |

Tabla 13: Muestras para cromatografía de gases acoplada con espectrometría de masas.

RESULTADOS

DATACIÓN

En este caso se mandó a datar una muestra del Edificio 2 de Dzibanché en Beta Analytics a través del Instituto de Geología de la UNAM por medio de AMS. Se llevó a cabo la separación manual antes mencionada y se obtuvo el intervalo probable en edad convencional de 7820 +/- 40 BP, y calibradas: 6700 – 6590 a.C. ó 8650-8540 antes del presente con una relación de Carbono13/Carbono 12 de -13.2 o/oo. Las edades arrojadas por el análisis están muy lejos de los periodos esperados.

Ahora bien, con los análisis arqueomagnéticos se lograron datar los edificios de los cuales se pudieron extraer especímenes. Dado que la comparación de la inclinación y la declinación de las muestras con la curva de variación secular da varios intervalos posibles de edades, cuando la curva tiene secciones muy parecidas, cuando es muy horizontal o cuando faltan datos, entonces es necesario escoger de esos resultados los que más se adapten a todo el conglomerado de información que se tiene.

A continuación se presenta una tabla con los resultados obtenidos por arqueomagnetismo, resaltando en negritas las edades que nos parecen más adecuadas según la información adquirida previamente del sitio (ver Anexo 1 para la información

completa). Se explicarán, en esta sección, las razones por las cuales se escogieron esas edades y en la sección de “Discusión de resultados” se debatirán las edades en relación con todos los demás datos obtenidos en este trabajo.

| Muestra | Edades | Gráfica |
|--|--|---------|
| DZ1-Templo 2 DecM-313.3 IncM-38.5 α 95-13.3 r-3.895 k-28.57 | 191-222 274-316 851-873 1163-1177 | |
| DZ2-Pequeña Acrópolis, Sur DecM-23.5 IncM-24 α 95-16.5 r=3.841 k= 18.85 | 0-141 366-430 500-531 551-599 681-748 802-817 837-845 1130-1145 1192-1199 | |

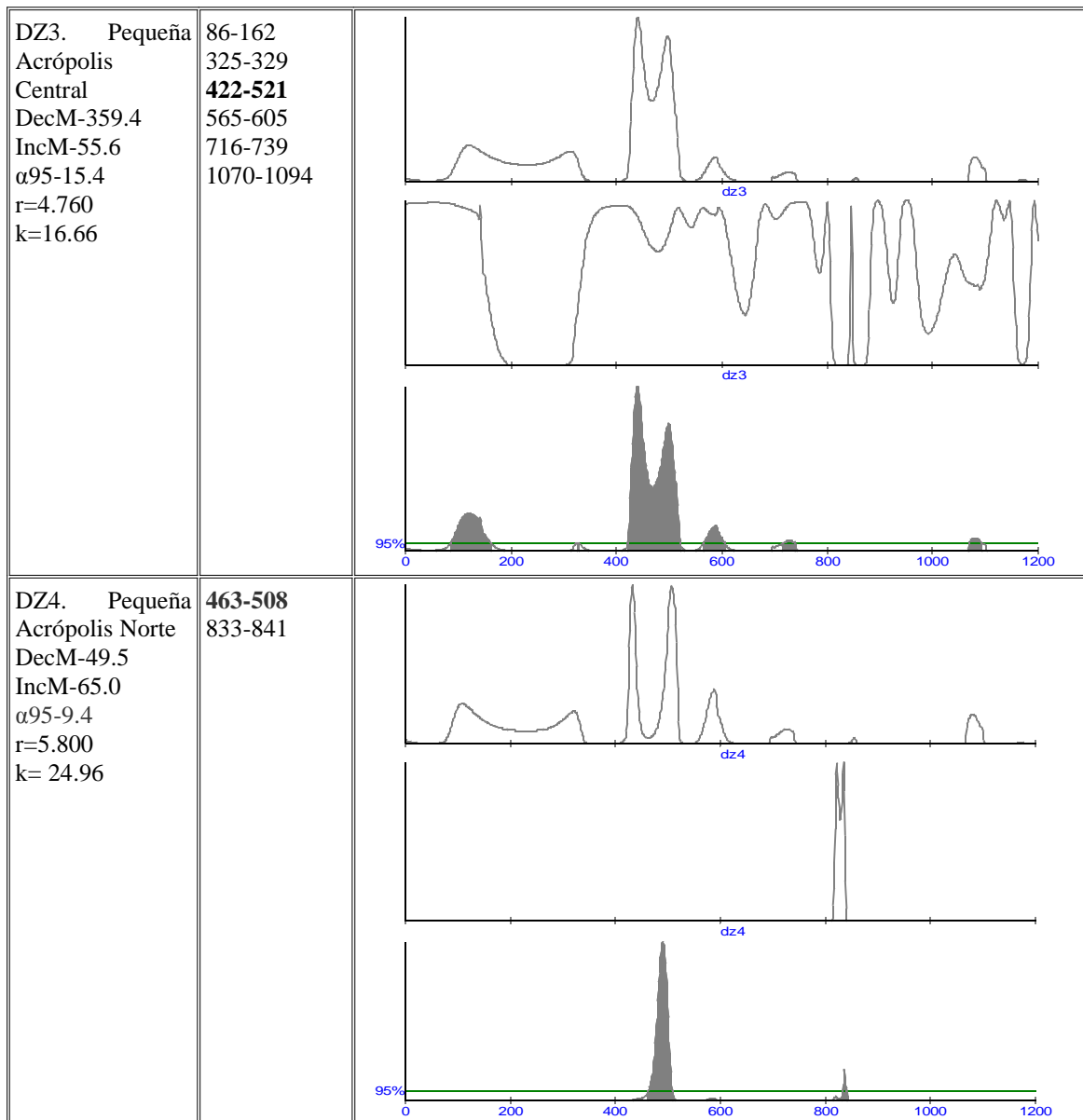


Tabla 14: Edades obtenidas por arqueomagnetismo.

Para empezar, habría que mencionar que las edades tienen valores de α_{95} elevados, esto quiere decir que los datos obtenidos directamente de la muestra tienen un grado de variabilidad grande. Esto se puede deber a que la disgregación de la capa pictórica pudo haber movido algunas partículas de pigmento de su posición original y por lo tanto obtener direcciones del campo magnético dispersas. Cabe mencionar que en casi todos los casos se tomaron muestras de los lugares mejor conservados; por ello sería importante mencionar que la datación arqueomagnética funciona de mejor manera cuando se toman las muestras en un tiempo corto después de la excavación; esto no asegura que la muestra no esté

intemperizada, ya que todo el patrimonio está en constante alteración, pero si garantiza que las transformaciones son menores.

Dicho esto, hay que mencionar que la muestra DZ4 entra dentro de un rango aceptable de error (9.4) y sólo hay dos rangos de edades posibles. Por ello, se tomó esta muestra como punto de partida para analizar las edades correspondientes. Entonces, por métodos relativos (véase apartado de “Arqueología del sitio”), y como se ha mencionado con anterioridad, las edificaciones de la Pequeña Acrópolis fueron datadas para el 550-600 d.C. y por lo tanto la edad que está más acorde es 463-508 d.C. para el Edificio norte. Con esta edad se puede entonces hacer un análisis de las otras, comenzando por las del mismo edificio. Las únicas edades de los otros edificios que se traslapan con ésta y, por lo tanto las seleccionadas, fueron para el Edificio este 422-521 d.C. y para el Edificio sur 500-531d.C.

Ahora bien, se sabe que en la Estructura 2 uno de los morillos de madera del templo que corresponde a la etapa constructiva TT3 tiene una edad de radiocarbono de cal. 540-650 (95.4%) d.C. (INAH-1609) (Nalda y Balanzario, 2008b) y también se sabe que el relieve en estuco que se dató pertenece a una etapa constructiva anterior, por lo que la única edad posible sería 274-316 d.C. ya que la de 191-222 d.C. se consideró muy temprana.

Esto quiere decir que las edades obtenidas por arqueomagnetismo moverían de 50-100 años la cronología de estas estructuras propuestas por métodos relativos.

IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES INORGÁNICOS

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

Los componentes inorgánicos de las muestras fueron identificados de primera cuenta con microscopía óptica en un microscopio petrográfico. Lo que se registra en este apartado es la descripción de los minerales según las observaciones de la autora en el microscopio petrográfico; la identificación de los minerales y de los elementos orgánicos encontrados en las láminas delgadas fueron realizadas siguiendo las indicaciones del Dr. Sergey Sedov, así como las descripciones de los mismos encontradas en diversos manuales y artículos referentes a petrografía de minerales en rocas y suelos (Barker, 2014; Raith et al., 2011; Durand *et al.*, 2010; Stoops 2001; Fitzpatrick, 1993; MacKenzie y Guilford, 1980).

A continuación se presentan los principales minerales y las partículas que los contienen que pueden dividirse principalmente en dos categorías: minerales carbonatados y minerales no carbonatados; cabe mencionar que los carbonatos son los minerales que dominan las muestras (sobre todo en forma de micrita) mientras que los no carbonatados no exceden el 15% de abundancia en las muestras.

Carbonatos

Carbonato de calcio

Micrita (calcita micro o criptocristalina)- La micrita conforma la matriz cementante y la mayoría de las partículas incluidas en ella, además a veces entre los límites del enlucido y el repellado hay una capa fina de micrita bien distinguible que funciona como indicador del límite (véase Il. 29; entre el enlucido y el repellado hay una línea de color más blanco que el resto que separa ambas capas). Las partículas individuales de micrita tienen un relieve óptico alto que provoca, en las láminas, que la micrita tenga colores grises o pardos que no son sus colores reales; el blanco es el color real de la micrita y se puede observar con luz reflejada (mientras más gris se observe la partícula en luz transmitida, más blanca será macroscópicamente o con luz reflejada). Sin embargo, varias de las partículas micríticas encontradas en las muestras tienen colores tendientes a los sienas (estas partículas con luz reflejada tienen un matiz anaranjado pálido). Ahora bien, la micrita forma diferentes clases de inclusiones que, generalmente, son de subangulares a redondeadas y con superficies lisas a onduladas; su tamaño depende del estrato en el que estén colocados.

Clase 1. Inclusiones formadas por micrita de color gris (Il.28-1), más oscuras que el cementante, con límites prominentes y de nítidos a claros. Muchas veces tienen óxidos de hierro rojos dispersos en su estructura pero localizados, aunque otras veces le proporcionan un matiz anaranjado a toda la partícula (Il.28-2); con luz reflejada las partículas grisáceas se ven blancas (Il.29-1) mientras que las que tienen hierro disperso obtienen un matiz anaranjado (Il.29-2), si los óxidos de hierro están localizados se verán rojos, amarillos o anaranjados aunque con Nicols cruzados la sección con hierro se observará casi isotrópica. Éstas son las más abundantes de todas las inclusiones formadas por micrita.

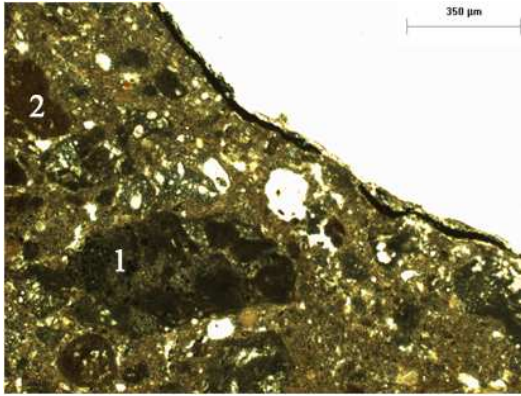


Ilustración 28: Carbonatos micríticos. Clase 1. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.28- Muestra 16. Se observan el repellado y el enlucido con las capas pictóricas. Se marcan inclusiones de micrita clase 1. Luz transmitida.

Il.29- Muestra 16. Misma área de estudio que la mostrada en Il.28 pero vista con luz reflejada. Se marcan las inclusiones de micrita clase 1, en luz reflejada todo lo que tiene óxidos de hierro brilla de color naranja o rojo, se puede ver que una de las inclusiones (2) tiene hierro disperso indicado por la tonalidad anaranjada de la partícula y que la capa pictórica, en la superficie, está constituida por una gran cantidad de óxidos de hierro indicado por el rojo intenso; hay que recordar que los óxidos de hierro brillan en tonalidades amarilla-rojas con luz reflejada.

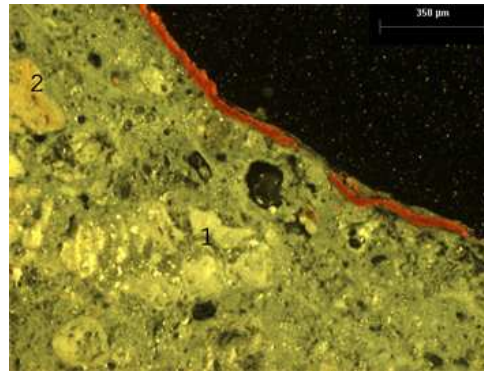


Ilustración 29: Carbonatos micríticos. Clase 1. Luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.

Clase 2. Inclusiones micríticas grisáceas con poros de dimensiones considerables y formas irregulares y alargadas o redondeadas que están saturados de cristales aciculares. Con Nicoles cruzados, las secciones formadas por micrita tienen colores pardos (típicos). Los cristales aciculares (lublinita) que tienen colores de interferencia blancos de primer orden se observan como agujas o pequeños puntos, dependiendo del tamaño de los cristales y el aumento al que se observen; su límite generalmente es perceptible y difuso. Estas son las inclusiones de micrita que ocupan el segundo lugar en abundancia.

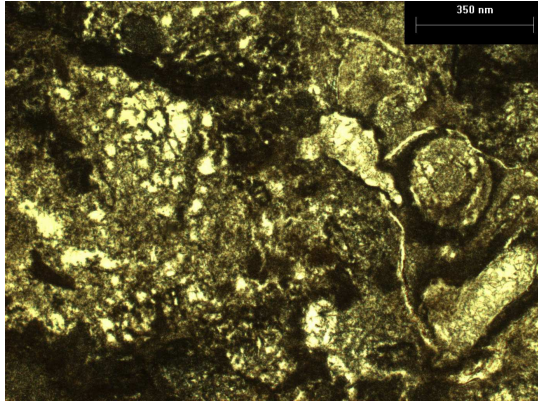


Ilustración 30: Carbonatos micríticos. Clase 2. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.30-Muestra 5. Toda la microfotografía la ocupa una inclusión clase 2 con poros de dimensiones considerables que se observan en colores blancos. Luz transmitida.

Il.31-Muestra 5. La misma inclusión clase 2 con Nícoles cruzados, se observan los cristales con forma de aguja y ciertos puntos de colores blancos de primer orden; los poros en esta ocasión se distinguen por dejar ver el fondo negro.

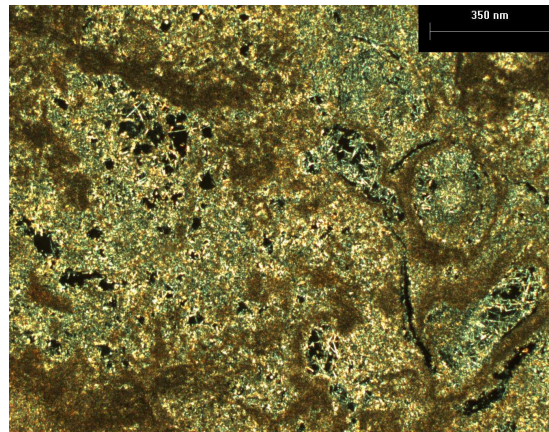


Ilustración 31: Carbonatos micríticos. Clase 2. Nícoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.

Clase 3. Inclusiones de textura criptocristalina y estratificadas. Los estratos pueden ser horizontales o tener formas irregulares, con límites prominentes y nítidos. Estas ocupan el tercer lugar en abundancia.

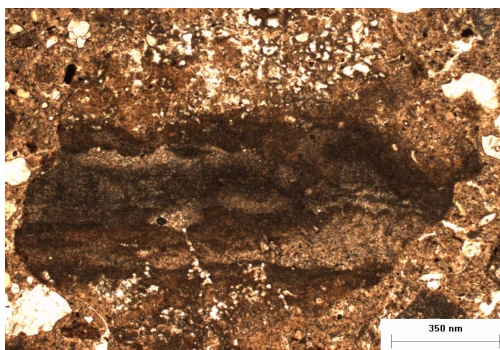


Ilustración 32: Carbonatos micríticos. Clase 3. Luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.32-Muestra 11. Inclusión micrítica de clase 3, se observa su estructura estratificada aunque siempre criptocristalina; la parte superior e inferior son mucho más porosas que la parte central más oscura. Luz transmitida.

Clase 4. Inclusiones de color pardo o siena de límites perceptibles y claros. Con Nícoles cruzados se observan distintos a las demás partículas de micrita e incluso de la matriz, se ven casi isotrópicos con colores de interferencia muy bajos excepto por algunas partículas internas que aún conservan sus colores característicos; esta diferencia en la observación de colores de interferencia indica que el tamaño de partícula es extremadamente pequeño. Éstas son particularmente abundantes en las muestras 7 y 8, aunque nunca tan abundantes como las tres clases anteriores.

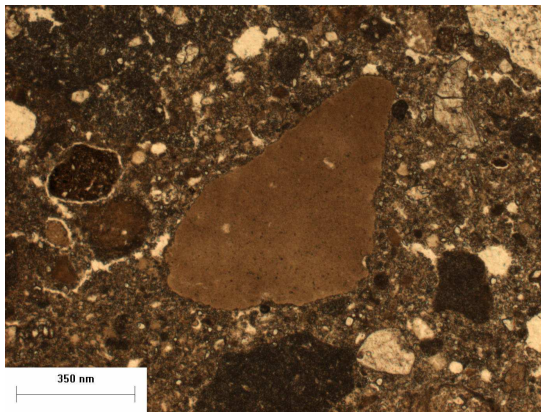


Ilustración 33: Carbonatos micríticos. Clase 4. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.34- Muestra 7. La misma inclusión observada bajo Nícoles cruzados; se ve casi anisotrópica excepto por algunos cristales dispersos en una matriz más o menos oscura en un “patrón de cielo nocturno”.

Il.33-Muestra 7. Al centro se observa una inclusión clase 4, crisptocristalina, homogénea y de color parecido al siena. Luz transmitida.

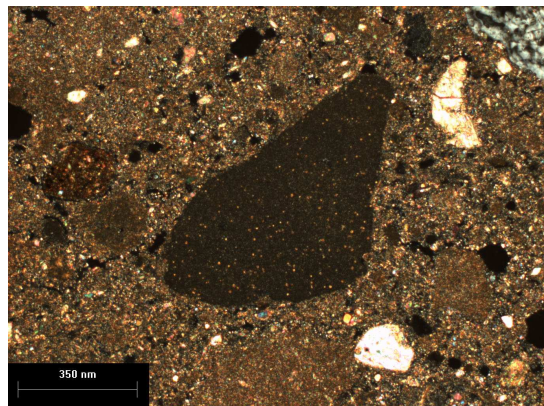
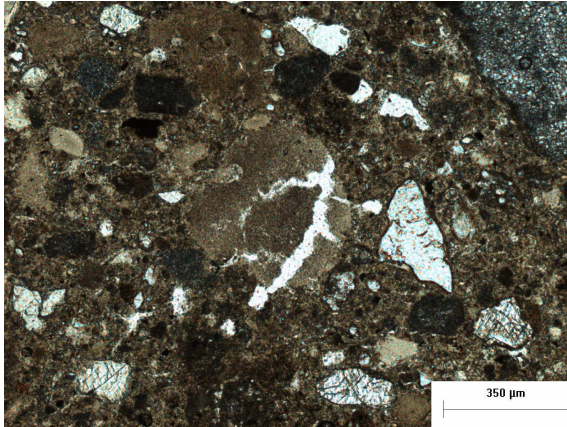


Ilustración 34: Carbonatos micríticos. Clase 4. Nícoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.

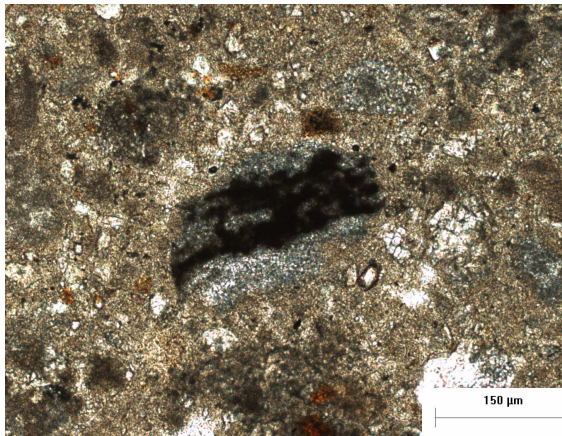
Clase 5. Inclusiones muy homogéneas, de color similar al de la micrita cementante y que exhibe fracturas interiores, los colores de interferencia que presentan son típicos para la calcita micrítica. Tienen límite prominente y claro.



*Ilustración 35: Carbonatos micríticos. Clase 5. Luz transmitida.
Fotografía: Luisa Straulino.*

II.35-Muestra 11. Al centro se observa una partícula micrítica de clase 5 homogénea con fracturas de tamaño considerable. Luz transmitida.

Clase 6. Inclusiones de micrita que aunque tienen textura criptocristalina son heterogéneas ya que consta de zonas grisáceas y negras intercaladas entre si, los colores de interferencia son típicos para la calcita microcristalina en el área grisácea mientras que las áreas negras son opacas.



*Ilustración 36: Carbonatos micríticos. Clase 6. Luz transmitida.
Fotografía: Luisa Straulino.*

II.36- Muestra 7. Inclusión clase 6 donde se observan las secciones criptocristalinas de color gris y negro intercalándose.

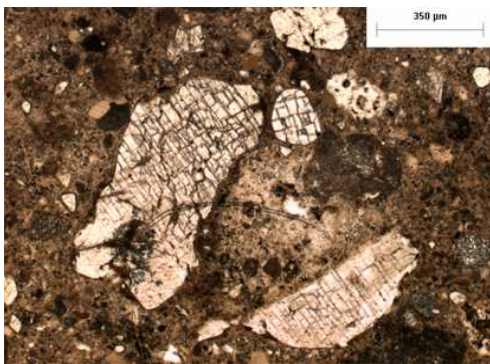
Cabe mencionar que la clase 1 es ubicua en cualquier estrato, mientras la clase 5 se puede encontrar también en las capas pictóricas y a veces en el enlucido fino.

Las restantes se localizan principalmente en los repellados y el estuco grueso, y es importante mencionar que las clases 4, 5 y 6 se encuentran con una frecuencia mucho menor que las clases 1, 2 y 3.

Cristales gruesos de carbonatos

Es importante precisar que con microscopía óptica es casi imposible distinguir cuando éstos cristales están conformados por calcita o dolomita a menos que se tiñan con

alizarina (proceso que no se pudo llevar a cabo porque las láminas delgadas se cubrieron antes de poder realizarlo). Por ello, no se puede hacer una separación contundente de cuales partículas corresponden a cual de esos dos minerales, aunque se pueden dar sugerencias; no obstante, se analizaron algunas muestras con DRX dando resultados sobre la presencia o ausencia de dolomita (ver *infra*). Los cristales de tamaño microesparítico y esparítico se encuentran en agrupaciones formando inclusiones de tamaños variables según el estrato en el que se encuentren o incluso se pueden encontrar como monocristales dentro de la matriz micrítica. La mayoría tienen formas de angulares a subangulares y cuando están conformados por monocristales sus bordes son lisos, cuando es una agrupación de los mismos sus bordes se vuelven rugosos. Cuando se ven en luz transmitida son transparentes pero con relieves ópticos altos en general, aunque también pueden presentar relieves ópticos bajos y en ese caso se observarán transparentes pero con un tinte amarillento, esto dependerá de la orientación en que se hayan cortado los cristales. Con Nícoles cruzados presentan irisaciones con colores altos de interferencia, aunque como los colores de interferencia también dependen de la orientación del cristal, pueden presentar colores blancos de primer orden o incluso parecer isotrópicos. Es común que los cristales más gruesos y con una forma rombohédrica casi perfecta sean cristales de dolomita, pero no se puede saber a ciencia cierta sin las tinciones antes mencionadas. Otra posibilidad es que este tipo de cristales esté formado por calcita en pseudomorfos de dolomita.



Il.37- Muestra12. Calcita cristalina, se nota el relieve óptico alto así como las fracturas de clivaje típicas de la calcita. Luz transmitida.

Ilustración 37: Carbonatos de grano grueso. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.38- Muestra 12. En esta microfotografía se observan los colores altos de birrefringencia, con colores iridiscentes. Nicoles cruzados

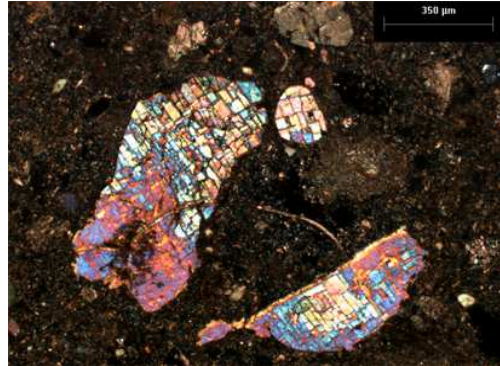


Ilustración 38: carbonatos de grano grueso. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.39 -Cristales posiblemente de calcita con óxidos de hierro dispersos en su estructura. Nicoles cruzados y luz reflejada

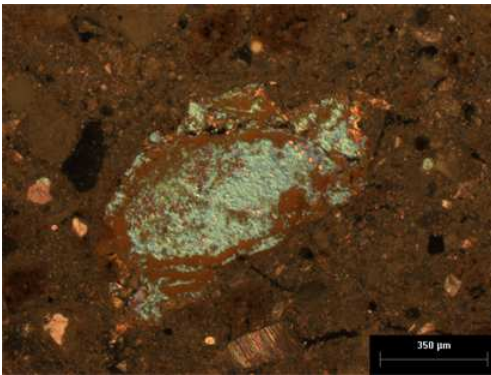


Ilustración 39: Carbonatos de grano grueso con hierro disperso. Nicoles cruzados y luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.40- Muestra 15. Monocristal con relieve óptico bajo y matiz amarillento. Nótese los rasgos de disolución. La dolomita es menos soluble que la calcita, por lo que éste cristal posiblemente sea de calcita. Luz transmitida.

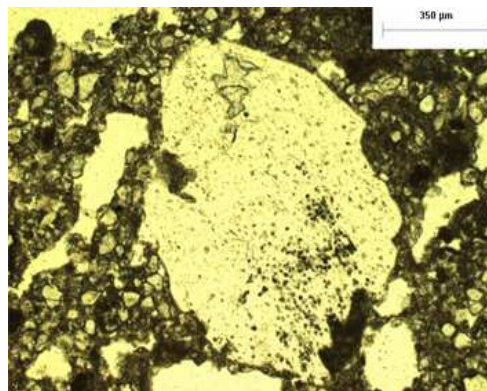


Ilustración 40: Carbonato de grano grueso. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.

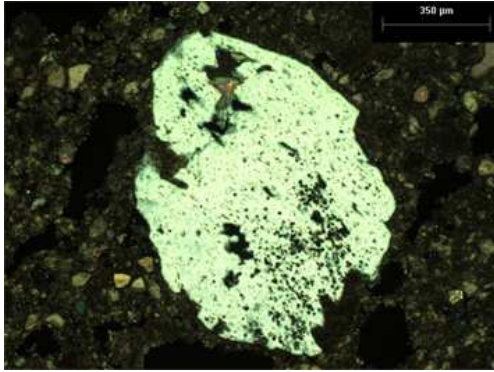


Ilustración 41: Carbonato de grano grueso con figuras de ataque. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.

Il. 41- Muestra 15. Mismo monocristal pero visto con Nicoles cruzados. Nótese el color blanco de interferencia que no corresponde a los colores iridiscentes típicos de la calcita. Esto se debe a la orientación del cristal. Además todas las zonas negras adentro del cristal corresponden a figuras de ataque por disolución.

Lublinita

La lublinita está conformada por calcita pero con un habito cristalino acicular. Se ha demostrado en varias ocasiones que es producto de la interacción entre carbonatos y organismos biológicos (ver Discusión de resultados, Sobre el deterioro). En las muestras se puede encontrar con dos ubicaciones distintas, pero siempre formando una especie de tejido intrincado. La primera, como se mencionó con anterioridad, es en los poros de inclusiones micríticas o heterogéneas, por lo que su distribución está limitada por las paredes de los mismos. En ocasiones, algunas inclusiones parte de su matriz está formada por este tipo de calcita. Se pueden encontrar este tipo de inclusiones sobre todo en las muestras 14 y 15.

Por otro lado, en las muestras de la Pequeña Acrópolis, sobre todo, pueden encontrarse estratos de calcita acicular en la superficie sobre las capas pictóricas o incluso en los costados y la parte inferior de la muestra. Estos estratos suelen tener un límite prominente pero difuso con el estuco ya que los cristales de lublinita también van formándose en sus poros, empezando de la superficie al interior.

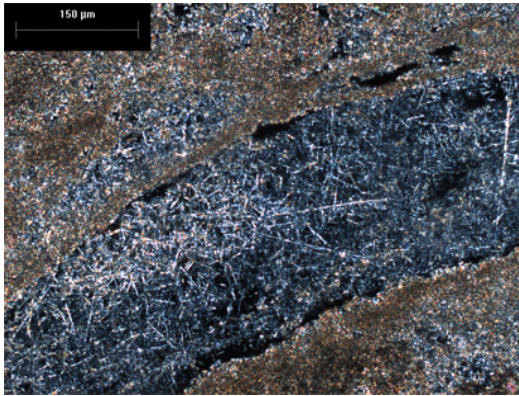


Ilustración 42: Carbonatos. Poro relleno de lublinita .
Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.43 -Muestra 11. Lublinita desarrollada en la superficie de algunos estucos. Se observa que se han formado en patrones semejantes a un tejido. Nicoles cruzados.

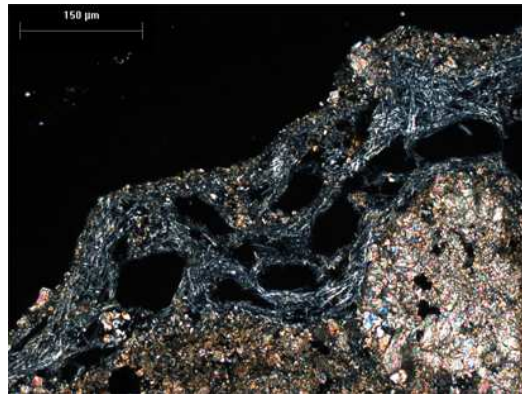


Ilustración 43: Carbonatos. Lublinita desarrollada en la superficie. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.

Aragonita o su pseudomorfo de calcita

La aragonita es un carbonato de calcio con un hábito cristalino distinto al de la calcita. En estas muestras se localizaron fragmentos de concha (presumiblemente formados por aragonita, aunque es posible que sean sus pseudomorfos de calcita), generalmente pequeños con formas angulares, superficie lisa y límite prominente y nítido. Con luz transmitida se observan traslúcidos con alto relieve óptico, a veces con una capa oscura en alguna de sus superficies; con Nicoles cruzados se observan los mismos colores iridiscentes de la calcita. Se distinguen de los carbonatos de grano grueso, cuando están en corte transversal (Il.44), porque generalmente tienen tres capas horizontales, las externas parecen tener cristales orientados perpendicularmente a la superficie, mientras que la central tiene una orientación de cristales distinta; además no presentan maclas. Cuando los fragmentos son más grandes pueden presentar curvaturas que pueden ser diagnósticas

de si se trata de bivalvos o gasterópodos. Por otro lado, también se encontraron fragmentos, aunque en menor cantidad, que representan otro tipo de corte en las conchas, por ejemplo longitudinales (Il.45). Debido a la presencia de una concha en corte transversal con su forma casi completa se identificaron como bivalvo dulceacuícola³⁶; por otro lado, varios de los fragmentos presentan algún tipo de intemperismo.

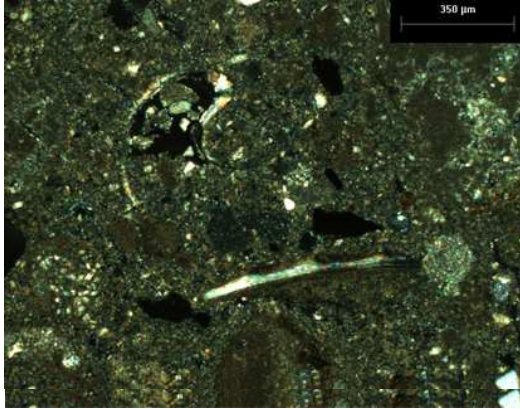


Ilustración 44: Carbonatos. Aragonita. Corte transversal de concha. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.44 -Muestra 17. En la parte superior izquierda se observa un corte transversal de una concha con forma de una valva. En la parte inferior hay otro corte transversal aunque sin rasgos diagnósticos. Nícoles cruzados.

Il.45 -Muestra 17. Fragmento de una concha en corte longitudinal. Luz transmitida.

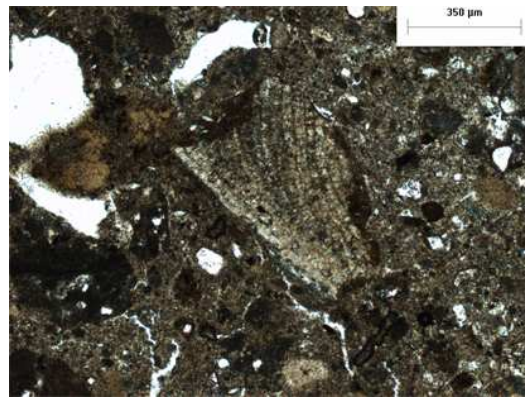


Ilustración 45: Carbonatos. Aragonita. Corte longitudinal. Fotografía: Luisa Straulino.

³⁶ La identificación la hizo el Mtro. Brian Urbano Alonso, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-Departamento de Malacología.

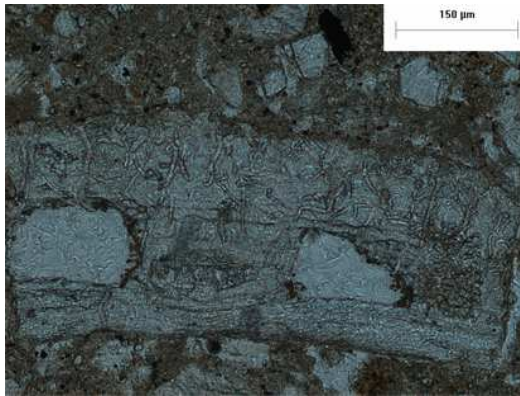


Ilustración 46: Carbonatos. Aragonita. Conchas con ataque biológico. Fotografía: Luisa Straulino.

II.46-Muestra 23. Corte transversal de una concha. En la parte superficial se observan marcas de disolución en forma de tubo que son resultado de ataque biológico (Stoops 6.2.6.3). Luz transmitida.

II.47-Muestra 13. Corte transversal de concha. La flecha señala una capa de suelo que está adherida a la superficie deteriorada de la concha. Luz transmitida.

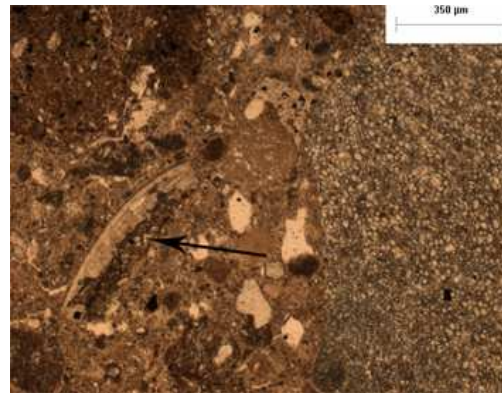


Ilustración 47: Carbonatos. Aragonita. Concha deteriorada con suelo adherido. Fotografía: Luisa Straulino.

Minerales no carbonatados

Arcillas

Estos silicoaluminatos se encuentran como inclusiones en sí mismas o formando parte de inclusiones carbonatadas más grandes, siempre formando bloques. Con luz transmitida se observan translúcidas con un matiz amarillento, pero siempre con relieve óptico bajo; además suelen verse laminadas y pueden tener fisuras con formas ondulantes. Con Nicoles cruzados pueden tener colores de interferencia blancos o amarillos de primer orden, en forma de mosaicos generalmente desordenados; estos colores de interferencia aparecerán siempre y cuando tengan partículas orientadas. Las que muestran blanco de primer orden son indicativas de arcillas 1:1 y las que tienen colores de interferencia amarillos son indicativas de arcillas 2:1. En este caso en particular, muchos de los bloques de arcilla que se encontraron en las muestras presentaron óxidos de hierro rojos dispersos

en su estructura. Son de angulares a subredondeadas con bordes lisos a ondulados. La mayoría de ellas se encuentra en los repellados (tanto el gris como el blanco) y a veces se pueden encontrar en el enlucido. Las capas pictóricas no presentan bloques arcillosos, o al menos no se pudieron distinguir con petrografía.

Un caso especial lo constituyen las partículas de color anaranjado en luz transmitida que se encuentran, sobre todo, como pigmento en el enlucido y que a veces se pueden encontrar en las capas pictóricas rojas. Estas partículas parecen ser arcillas pigmentadas con goethita. Si únicamente se tratara de goethita éstas inclusiones se observarían isotrópicas con Nícoles cruzados; no obstante cuando se examinan bajo esta luz, mantienen sus colores de interferencia anaranjados, similares a los de algunas arcillas. Con luz reflejada estas partículas exhiben de igual modo un color anaranjado.

II.48-Muestra 14. Arcilla de 1:1. Nícoles cruzados.

II.49-Muestra 7. Arcilla 2:1. Nícoles cruzados.



Ilustración 50: Arcillas que contienen goethita. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.50 -Muestra 6. Se marcan con flechas partículas arcillosas que contienen goethita. Con cualquier tipo de luz utilizada estas partículas se observan anaranjadas. Luz transmitida.

Cuarzo policristalino, monocristalino y criptocristalino

El cuarzo en cualquiera de sus formas es traslúcido y con bajo relieve óptico cuando se observa con luz transmitida. Con Nícoles cruzados exhibe colores blancos de primer orden que frecuentemente tienen extinción ondulante. Generalmente se encuentran, en estas muestras, fragmentos criptocristalinos que se pueden distinguir por sus fracturas concoideas y en otros casos cuando es policristalino se observa que la birrefringencia tiene patrones lineales en forma de abanico. Las inclusiones encontradas generalmente son subangulares o subredondeadas de superficie lisa a ondulada y límite prominente y nítido. Las muestras que contuvieron más cuarzo fueron las del interior de los cuartos en la Pequeña Acrópolis, aunque las capas pictóricas de la Plaza Pom también tienen trazas del mismo.

Il.51-Muestra 3. Pedernal que exhibe fracturas concoideas. Nicoles cruzados.

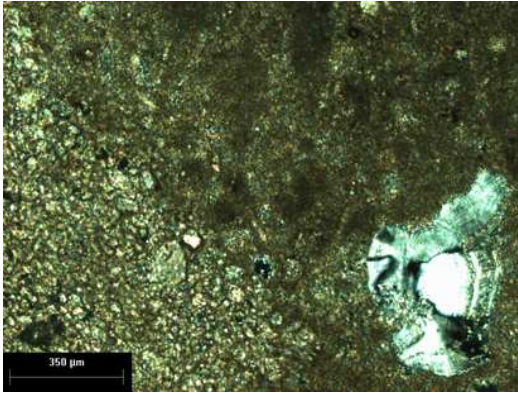


Ilustración 51: Pedernal. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino

Il.52-Muestra 5. Pedernal con algunas secciones de birrefringencia en forma de abanico. Nicoles cruzados.

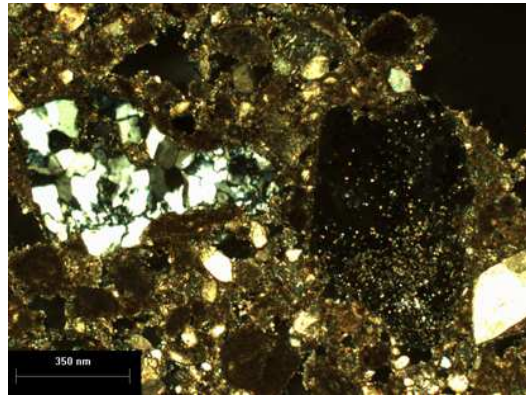


Ilustración 52: Pedernal. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.

Sulfato de calcio (yeso)

El sulfato de calcio sólo se encontró en la muestra 10; en ésta lámina se puede distinguir por su hábito cristalino fibroso, una birrefringencia muy baja con colores blancos de primer orden, aunque bastante tenues. El yeso se encontró formando eflorescencias (casi una capa continua) en la superficie de la muestra y como subeflorescencias en los poros de la parte superior del repellido y del enlucido.

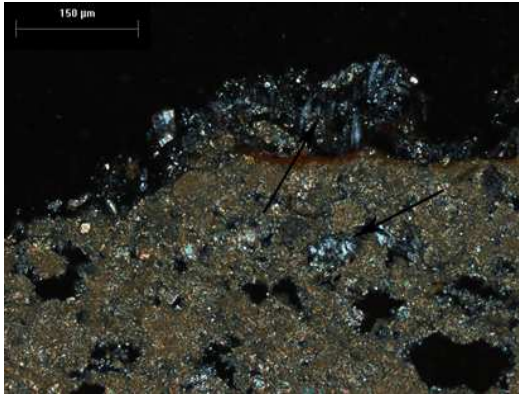


Ilustración 53: Sulfato de calcio. Yeso. Nicoles cruzados.
Fotografía: Luisa Straulino.

Il. 53-Muestra 10. Con flechas negras se marcan cristales de yeso. El yeso se encuentra al interior de poros como eflorescencias y en la superficie como subeflorescencias. Nicoles cruzados.

Hematita

La hematita, óxido de hierro anhidro (Fe_2O_3), se caracteriza por su intenso color rojo bajo luz reflejada. Con luz transmitida suele verse oscura mientras que con Nicoles cruzados es totalmente isotrópica. En estas muestras, este óxido de hierro, se encuentra en nódulos de redondeados a subredondeados con superficie lisa y ondulada y límite prominente y nítido. También está el caso de que el tamaño de partícula es tan pequeño que no se puede evaluar. Suelen encontrarse en las capas pictóricas aunque también hay pequeños nódulos en los repellados, pero nunca se encuentran en el enlucido.

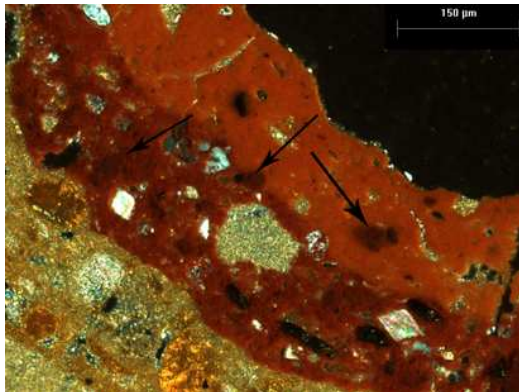


Ilustración 54: Hematita. Luz reflejada y Nicoles cruzados.
Fotografía: Luisa Straulino.

Il.54-Muestra 6. Partículas de hematita señaladas con flechas rojas, no obstante las dos capas pictóricas superiores están saturadas de hematita aunque no se puede observar por tener partículas demasiado pequeñas para ser observadas por este medio. Nicoles cruzados y luz reflejada.

Especularita

Con la misma composición que la hematita, este mineral tiene un hábito cristalino “micáceo” y tiene un color gris plateado brillante (aunque su raya sigue siendo roja). En las muestras se encontró hematita especular solamente en algunas capas pictóricas, en particular las de color guinda. Estas inclusiones se reconocen por ser negras bajo cualquier

luz, aunque combinando luz reflejada con Nícoles cruzados obtienen pequeños brillos metálicos que las distinguen de otras partículas (por ejemplo el carbón). Tienen forma rectangular, angular y de superficie lisa, presentan un límite prominente y nítido. Es muchísimo menos abundante que la hematita.



Ilustración 55: Hematita especular. Luz reflejada y Nícoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.

Il. 55- Muestra 6. Se señalan con flechas negras, partículas de hematita especular. Se notan pequeños reflejos metálicos. Nícoles cruzados y luz reflejada.

Limonita

Aunque como ya se mencionó, la limonita no es un mineral en si mismo sino la mezcla de muchos óxidos de hierro, su característico color amarillo que se ve con luz reflejada y en su raya es muy útil para analizar estas muestras. Se encuentran muy pocos nódulos en los repellados, pero hay capas pictóricas amarillas (muestra 7 y 8) donde parece ser la partícula pigmentante principal. Aunque se pudieron distinguir algunas partículas mínimas es posible que se encuentre en su mayoría con forma amorfa.

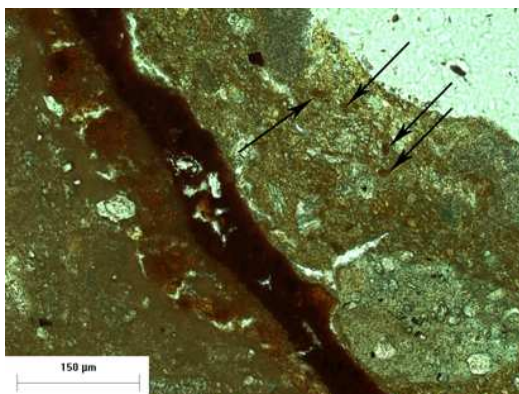
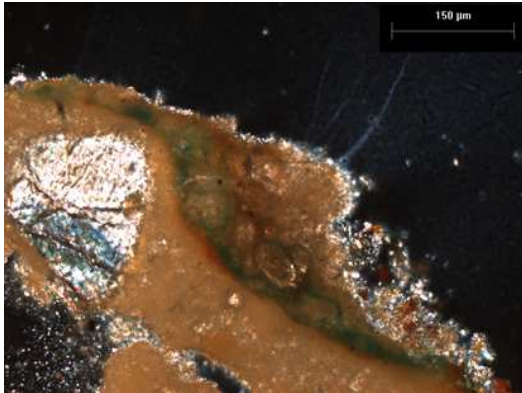


Ilustración 56: Limonita. Luz reflejada y luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.

Il.56 -Muestra 8. Se señalan con flechas negras algunas partículas amarillas, pero en general se nota el color amarillo en esa capa aunque la mayoría parecen ser óxidos de hierro amorfos. Luz transmitida.

Paligorskita

Con petrografía no se pudieron distinguir sus muy características partículas fibrosas y en forma de aguja; sin embargo, las capas azules tienen una textura fina, en general y no tienen un mineral de ese color en específico (como azurita, por ejemplo) por lo que se sospecha la presencia de azul maya, y por lo tanto de paligorskita.



Il.57 -Muestra 2. Capa azul, posiblemente pigmentada con azul maya. Nicoles cruzados.

*Ilustración 57: Azul maya. Nicoles cruzados y luz reflejada.
Fotografía: Luisa Straulino.*

Partículas conformadas por mezclas de minerales

Inclusiones heterogéneas

Éstas suelen estar conformadas por micrita como cementante y partículas de carbonatos de grano grueso e incluso arcillas como inclusiones; son extremadamente diversas. Tienen forma de subangular a subredondeada y se encuentran en su mayoría en los repellados y nunca en las capas pictóricas.

Dentro de esta categoría incluimos a los estucos reutilizados que en parte son distinguibles por tener sus capas pictóricas intactas. A veces, cuando no tienen capa pictórica, se distinguen por la capa de enlucido, pero si no tienen ninguna de estas dos características es muy difícil distinguirlo de las inclusiones heterogéneas naturales y suelen ser de angulares a subangulares con límites perceptibles y claros.

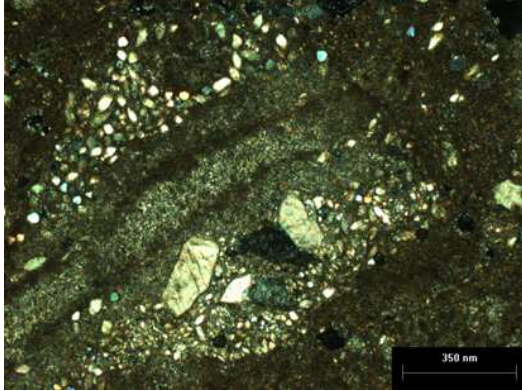


Ilustración 58: Inclusión heterogénea de cristales gruesos cementados por micrita. Nicoles cruzados. Fotografía: Luisa Straulino.

II. 58-Muestra 3. Inclusión heterogénea compuesta de cristales gruesos de carbonatos cementados con micrita acomodados en estratos. Nicoles cruzados.

II.59-Muestra 5. Se observa un fragmento de estuco reutilizado que se distingue por la capa pictórica de la parte superior y sus bordes angulares. Luz reflejada.

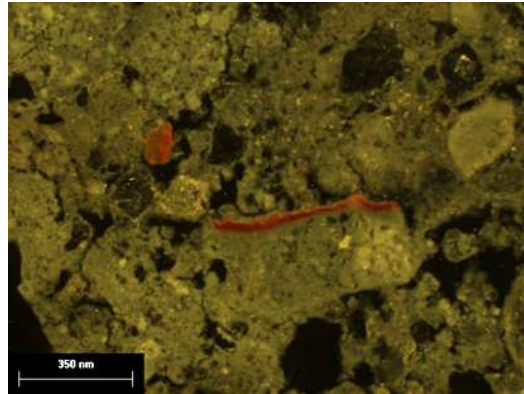
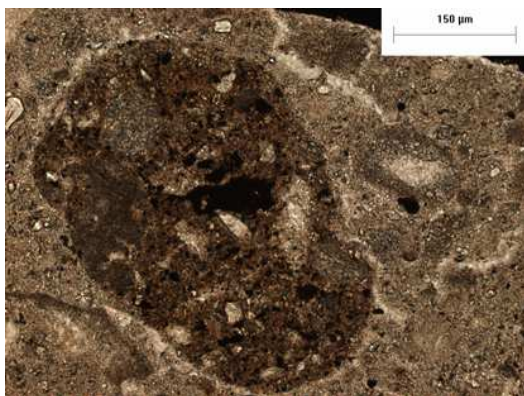


Ilustración 59: Estuco reutilizado. Luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.

Partículas edáficas

Se conforman de una matriz que combina arcillas ferruginosas con micrita lo que le proporciona un color anaranjado con colores de interferencia iridiscentes en muchas partículas cuando se observan en Nicoles cruzados; tienen un tono siena con tonos grisáceos (ocasionados por el humus) en luz transmitida. Esta matriz tiene incluidas varias partículas; las que se encuentran con mayor frecuencia son cristales gruesos de carbonatos, partículas micríticas y una gran cantidad de carbón aunque pueden tener otras inclusiones como conchas y bloques de arcillas. Generalmente son redondeados y se encuentran en los repellados.



*Ilustración 60: Partícula edáfica. Luz transmitida.
Fotografía: Luisa Straulino.*

Il.60 -Muestra 11. Partícula edáfica, se notan algunos de sus componentes como partículas micríticas, cristales grueso, y mucho carbón. Su matriz de color pardo amarillento o siena está conformado por arcilla y micrita. Luz transmitida.

Il.61 -Muestra 11. La misma partícula vista con Nicoles cruzados y luz reflejada. La matriz tiene un matiz amarillo anaranjado que denota la presencia de óxidos de hierro. Nicoles cruzados y luz reflejada.

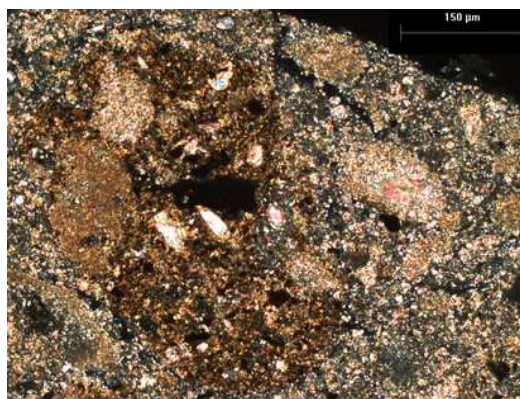
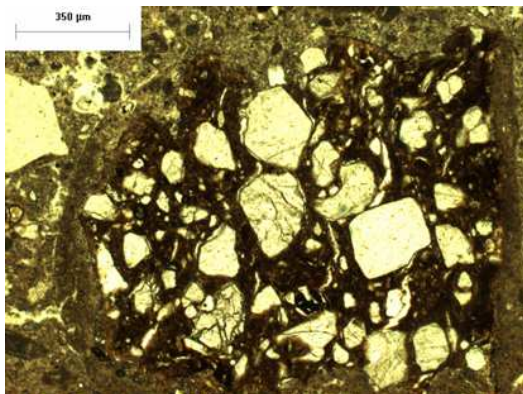


Ilustración 61: Partículas edáfica. Nicoles cruzados y luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.

Cerámica

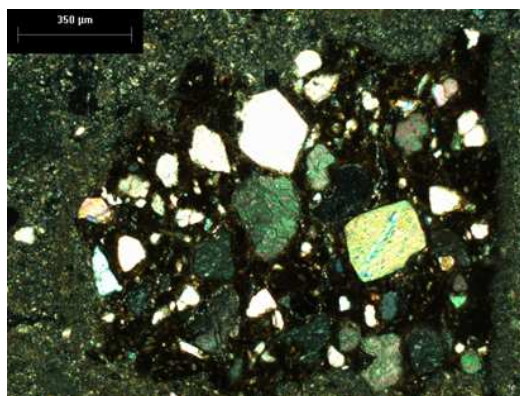
Sólo se encontró una partícula de cerámica en todas las muestras (muestra 17). Ésta es muy parecida a las partículas edáficas pero tiene diferencias sutiles. La matriz que en los suelos tenía muchos colores iridiscentes y amarillos en la cerámica es casi isotrópica aunque con un matiz siena. Las inclusiones son en su mayoría cristales gruesos de carbonatos con bordes frescos y angulares, tienen una cantidad muchísimo menor de carbón y tienen fisuras altamente orientadas, paralelas a las superficies. En el caso de este fragmento además se alcanza a distinguir el engobe. Tiene un recubrimiento de micrita en toda su periferia, lo que indica que antes de formar parte del repellado se habría incorporado a un sistema alto en carbonato de calcio, capaz de recrystalizar en micrita.



*Ilustración 62: Fragmento de cerámica. Luz transmitida.
Fotografía: Luisa Straulino.*

Il.62 -Muestra 17. Fragmento de cerámica con desgrasantes de bordes angulares, principalmente carbonatos gruesos. Se observa que la matriz es más oscura que la de las partículas edáficas. También se observan fisuras paralelas a la superficie. Luz transmitida.

Il.63 -Muestra 17. Mismo fragmento de cerámica con desgrasantes. Se observa que la matriz es más oscura que la de las partículas edáficas, casi isotrópico con un matiz muy tenue anaranjado. Nícoles cruzados.



*Ilustración 63: Fragmento de cerámica. Nícoles cruzados.
Fotografía: Luisa Straulino.*

ANÁLISIS CON MEB-EDS

Después de realizar el trabajo micromorfológico y de identificación con petrografía, se analizaron algunas muestras con MEB-EDS para confirmar la composición elemental de algunas de ellas (sobre todo los componentes de capas pictóricas) y confirmar así la identificación realizada con los análisis petrográficos, además de observar la micromorfología de algunas secciones.

Para el análisis elemental y el mapeo de elementos se utilizaron los bloques embebidos en resina cristal de las muestras 6, 7, 8, y 10. Estos tenían un corte transversal en la que se podían analizar las secciones en estratigrafía. De la muestra 8 se observaron dos secciones, una con capa amarilla en la superficie y otra con azul nombradas respectivamente 8 y 8a.

Muestra 6

En esta muestra (ver Il. 64) se pueden observar 3 capas distintas de policromía que se corresponden con las capas que se pudieron observar en el microscopio petrográfico (ver imagen superior de Il.64). La capa que está directamente sobre el estuco está formada por partículas oscuras que corresponden a las partículas de color anaranjado en el microscopio petrográfico rodeadas de una matriz de color similar a la matriz del estuco por lo que tiene la misma composición que éste (CaCO_3) (ver imagen inferior de Il. 64 donde se ilustra que el cementante de las capas pictóricas tienen los mismos tonos de gris que el repellado y el enlucido).

La segunda capa está formada por una cantidad alta de partículas brillantes tanto angulosas como laminares que corresponden a las partículas negras observadas con el microscopio petrográfico (Ver Il. 64, no. 1).

Este color muy brillante denota que están formadas por elementos más pesados que los que se encuentran a su alrededor. Además hay partículas opacas

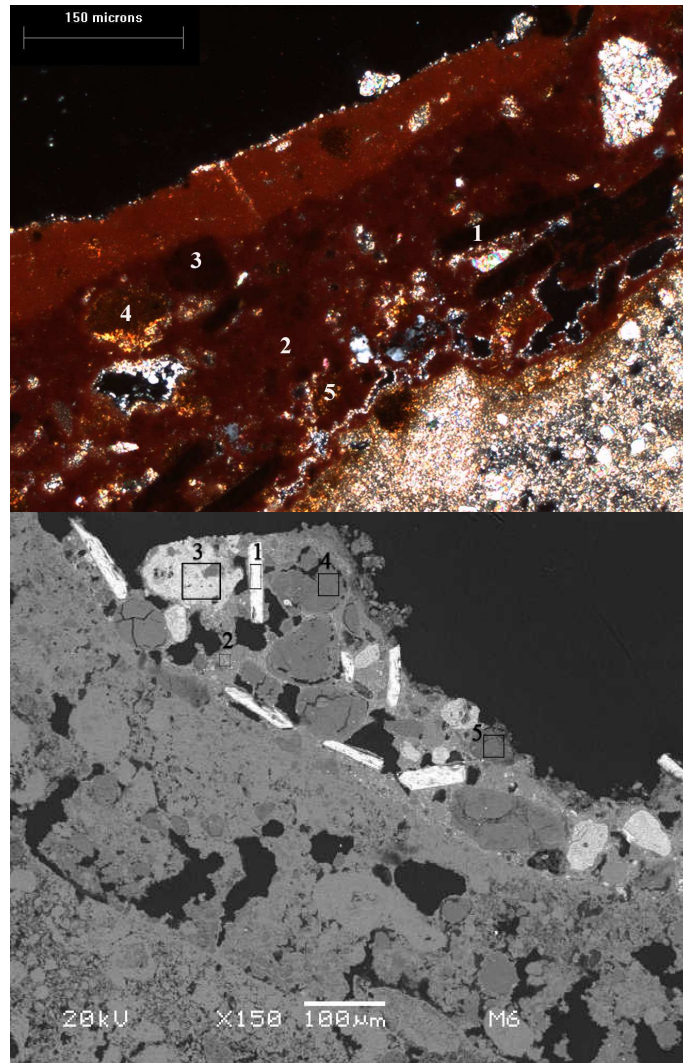


Ilustración 64: Arriba, fotografía petrográfica de la muestra 6 con luz reflejada y Nícoles cruzados. Abajo, imagen de la muestra 6 con MEB. En la primera se observan tres capas pictóricas, una muy delgada anaranjada que está en el enlucido, una guinda muy gruesa con varias partículas y la última roja con pocas partículas. La segunda imagen presenta tres capas, pero la primera de abajo a arriba y de izquierda a derecha son el repellado medio, el enlucido con la capa pictórica que en la anterior se ve anaranjada, y la tercera corresponde a la capa quinda. La capa roja se ha perdido por intemperismo. En la capa pictórica de color guinda se marcan algunas partículas que fueron identificadas en petrografía como: 1 hematita especular, 2 matriz de cal con finísimas partículas de hematita, 3 hematita, 4 y 5 arcillas con contenido de goethita. En la imagen de MEB se marcan las mismas partículas ya que se obtuvieron espectros de elementos químicos para confirmar la composición elemental de las mismas (ver infra).

que corresponden a las observadas en petrografía con un color anaranjado (Il. 64, no 4 y 5). La tercera capa está formada por una combinación de partículas oscuras y brillantes embebidas en la misma matriz que las anteriores. Sobre la capa superficial de policromía se observa una capa muy porosa y pulverulenta.

Según los análisis elementales (áreas de análisis marcadas en la Il.64, se muestran los espectros químico elementales a continuación) se observa que las partículas brillantes y rectangulares (no.1) están formadas por oxígeno y hierro, lo cual esta de acuerdo a su identificación como hematita especular con los análisis petrográficos (Il.65).

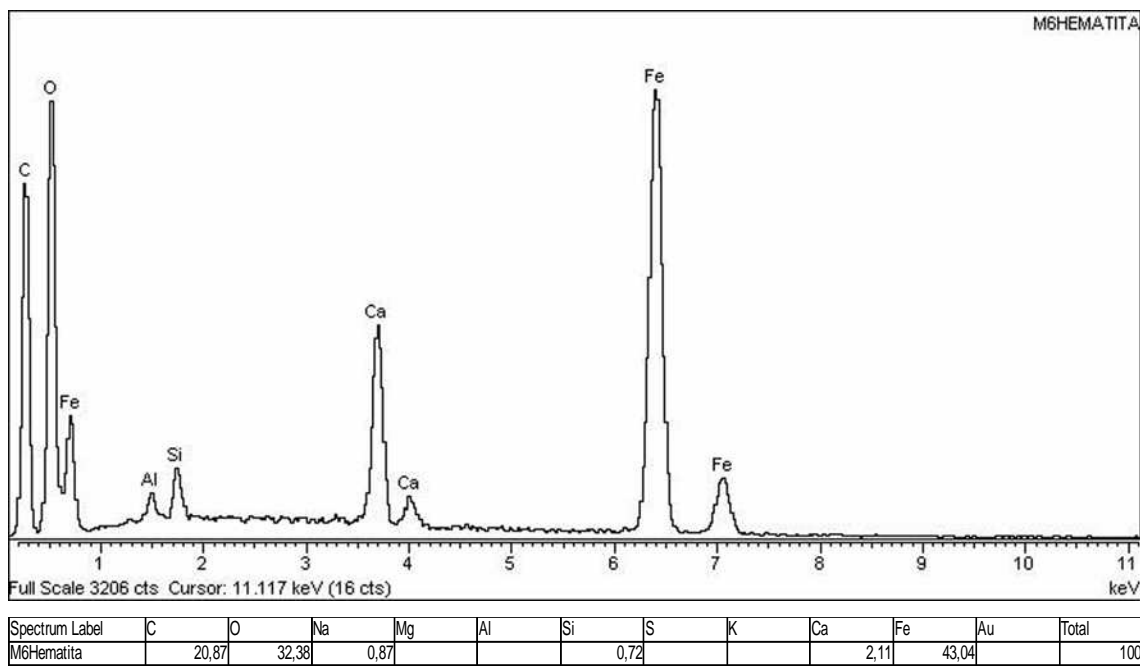


Ilustración 65: Composición elemental de hematita especular. Realizó: Gerardo Villa, Luisa Mainou, y Luisa Straulino.

El compuesto que está alrededor de todas las partículas (no.2) está formado principalmente por carbono, oxígeno y calcio, con un color gris similar al encontrado en el enlucido y repellido(en la imagen de MEB). Esto sería indicativo de que la matriz de las capas pictóricas está formada por carbonato de calcio (Il.66). Los otros compuestos que se encuentran en menor cantidad son formadores de las partículas oscuras como arcillas y óxidos de hierro que fueron identificados en petrografía.

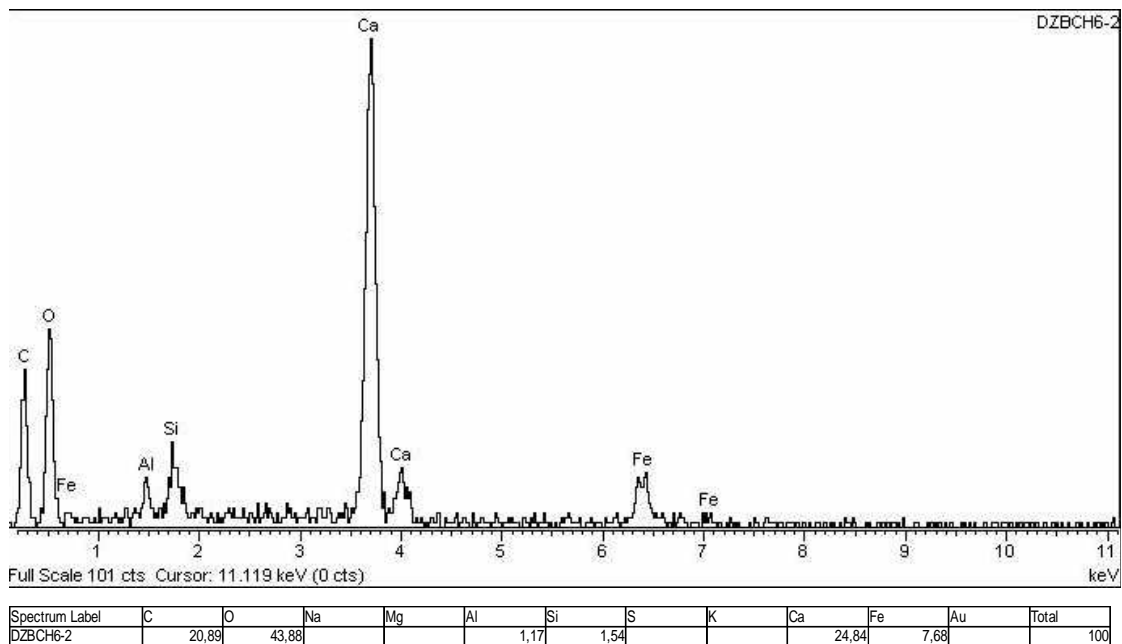


Ilustración 66: Análisis elemental de la matriz en capa pictórica. Realizó: Gerardo Villa , Luisa Mainou y Luisa Straulino

Así mismo, las partículas brillantes, pero de forma más subredondeada, tienen en su composición una cantidad considerable de hierro y oxígeno, así como picos más pequeños de calcio, sílice y aluminio, esta composición química elemental está de acuerdo con la identificación por análisis petrográfico: hematita, el resto de los elementos correspondería a algunas inclusiones arcillosas y carbonatadas (II.67).

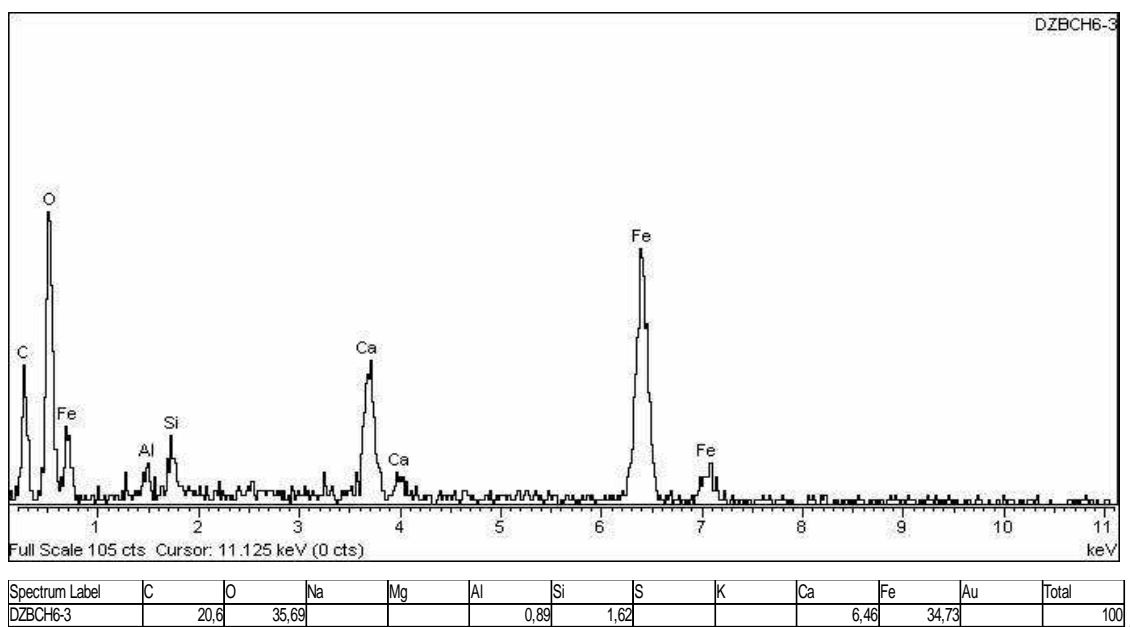


Ilustración 67: Análisis elemental de hematita. Realizó: Gerardo Villa, Luisa Mainou y Luisa Straulino

Las partículas oscuras (4 y 5) están formadas por sílice, aluminio y oxígeno principalmente y cantidades variables de magnesio, hierro y potasio por lo que se puede inferir en conjunto con los análisis petrográficos que son partículas de arcillas enriquecidas con hierro (Il.68 y 69).

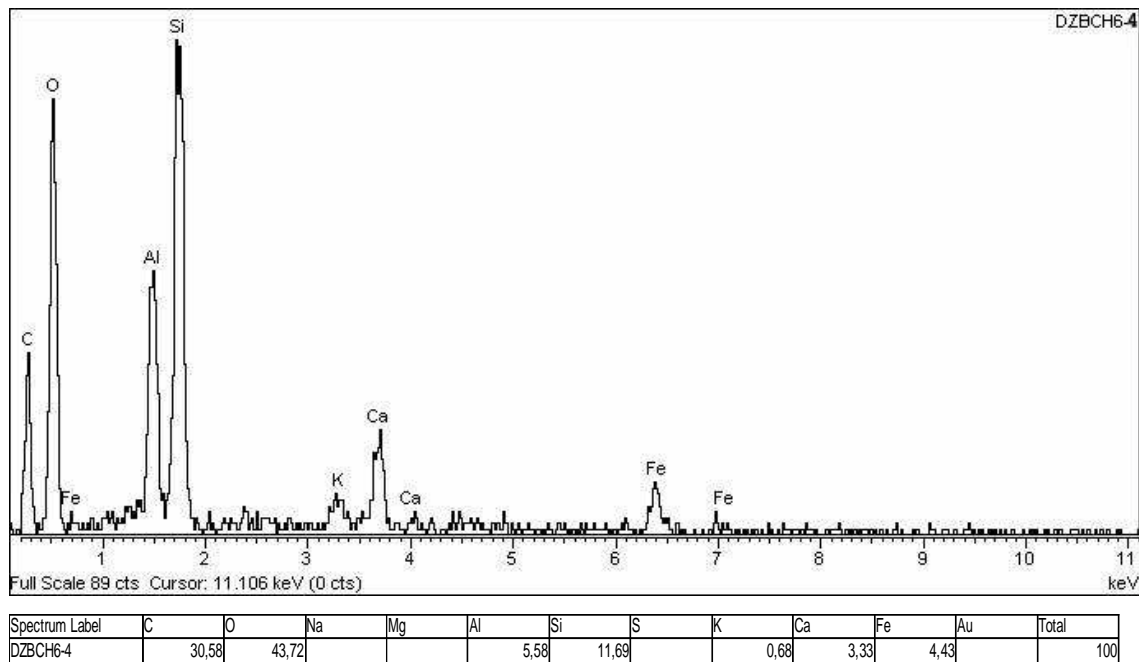


Ilustración 68: Análisis elemental de arcilla- Realizó: Gerardo Villa, Luisa Mainou y Luisa Straulino

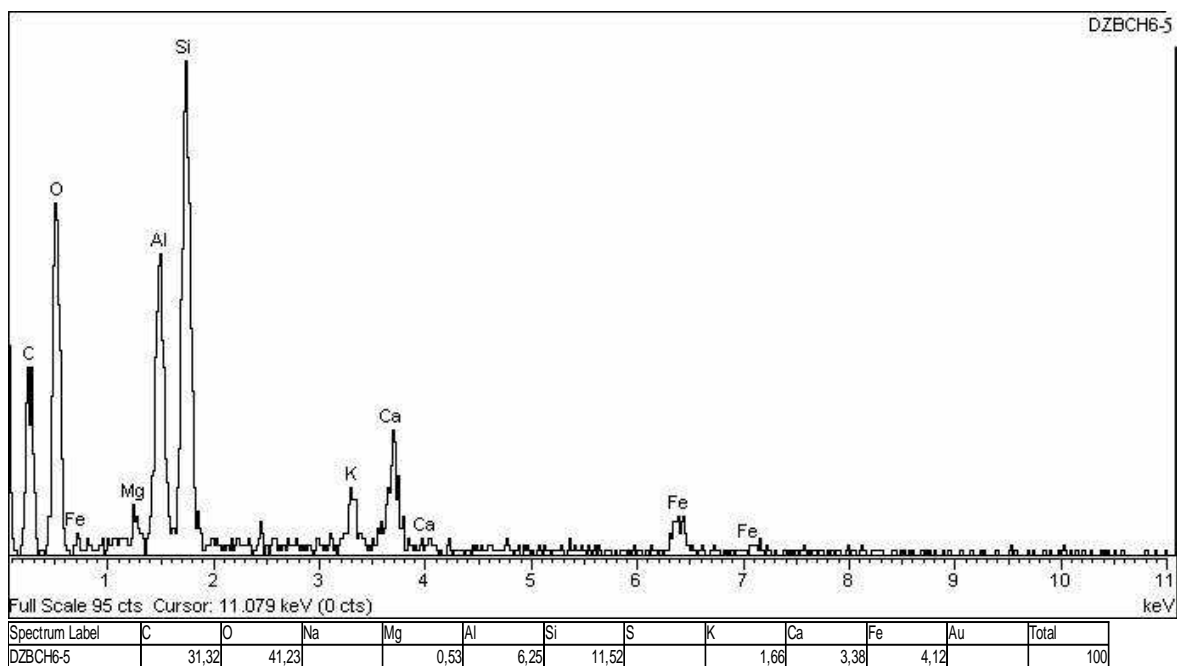


Ilustración 69: Análisis químico elementales de arcillas

Si observamos el mapeo de elementos (Il.70) de las capas pictóricas encontraremos que están formadas por sílice, aluminio y cantidades variables de hierro. Mientras la primera y la última capa presentan una gran cantidad de sílice y aluminio, la capa intermedia presenta mucho más hierro. El carbono, el oxígeno y el calcio se encuentran también en el área de capa pictórica lo que indica que los pigmentos están cementados posiblemente con carbonatos de calcio.

Por lo tanto, las capas pictóricas están formadas por arcillas enriquecidas con algún óxido de hierro y óxidos de hierro dispersos en la matriz de carbonato de calcio (ya sea hematita o hematita especular identificadas con análisis petrográficos) que en la capa intermedia aumenta de manera considerable. La capa superior está formada por carbonatos de calcio adheridos por presión (ver il. 107 y 108).

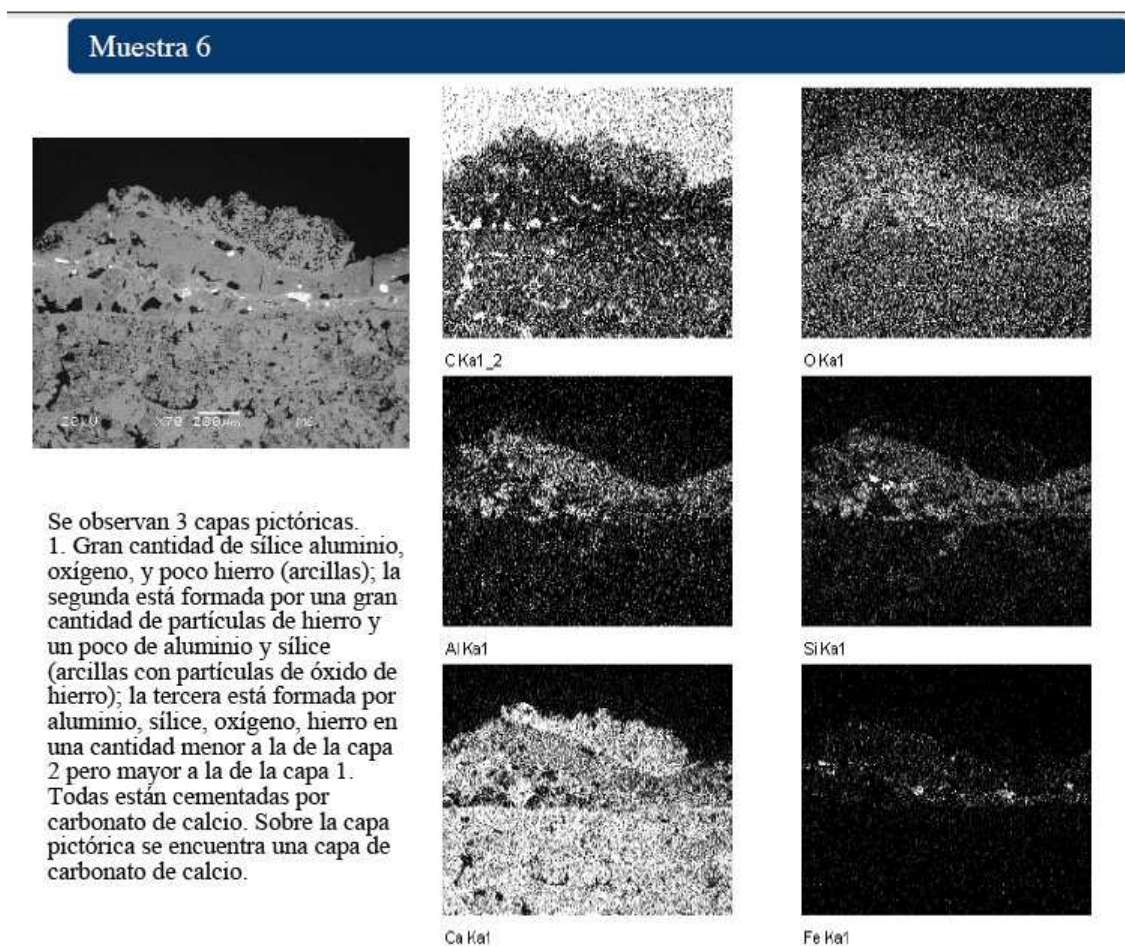


Ilustración 70: Mapeo de elementos muestra 6. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.

Muestra 7

En esta muestra se observan tres capas distintas de color sobre una delgada capa enriquecida en carbonato de calcio (Il. 71). La capa directamente sobre el enlucido está formada por los elementos sílice y aluminio y hierro, por lo que se puede inferir que está conformada por arcillas, como se observó con petrografía. La capa pictórica que está directamente sobre ella está enriquecida en hierro y oxígeno por lo que es bastante brillante en la imagen; ello hace pensar que está conformada por una gran cantidad de hematita, lo que se confirmó anteriormente en las láminas delgadas. La tercera capa y la más superficial es una capa gruesa conformada por los elementos aluminio sílice y hierro encontrados en partículas muy finas. Hay partículas compuestas únicamente de sílice y oxígeno (pueden ser cuarzo o pedernal, identificados en las láminas petrográficas). El calcio, el carbono y el oxígeno se encuentran en toda la muestra casi sin discontinuidades por lo que las partículas de pigmento están dispersas en cristales de carbonato de calcio.

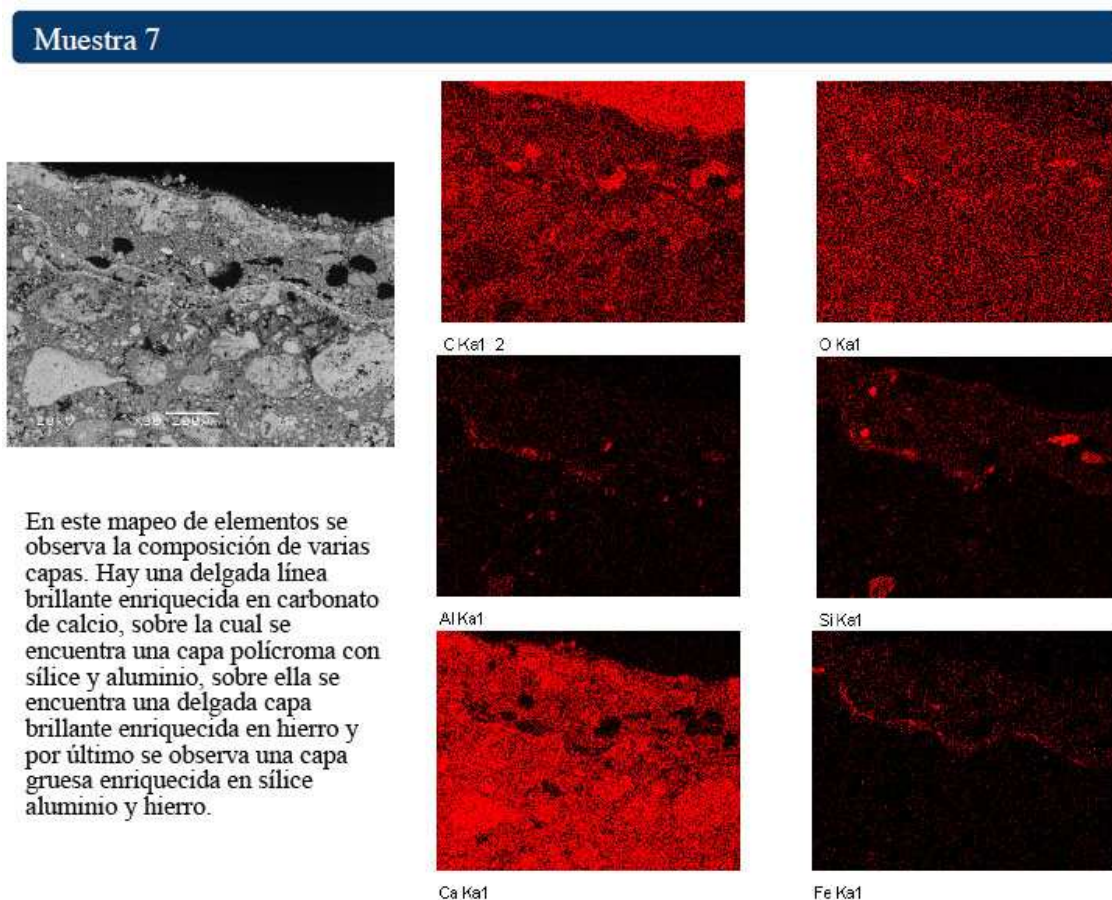


Ilustración 71: Mapeo elemental muestra 7. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.

Muestra 8

La muestra 8 tiene tres capas pictóricas; la primera está formada por sílice y aluminio principalmente, por lo que se puede decir junto con los análisis petrográficos que está compuesta por arcillas con poco contenido de hierro. La segunda capa está formada por sílice y aluminio (arcillas, identificadas en lámina petrográfica) con gran contenido de partículas con alto contenido en hierro (óxidos de hierro, identificadas en petrografía) de tamaño heterogéneo que se observa muy brillante en la micrografía. La tercera capa, la más externa está compuesta por sílice, aluminio y una cantidad mucho menor que la anterior de hierro, es decir arcillas con partículas de óxidos de hierro (identificadas en petrografía).

Todas las capas presentan carbono oxígeno y calcio por lo que las partículas de pigmento están cementadas por carbonato de calcio; sin embargo, se puede observar una diferencia en la cantidad de calcio presente entre la primera y segunda capa donde hay una concentración menor de este elemento que en la capa superior. Es decir, en el área de la primera y segunda capa se observa una menor cantidad de calcio que en la tercera. Esto conduce a la inferencia que hay más carbonato de calcio en la última capa (II.72).

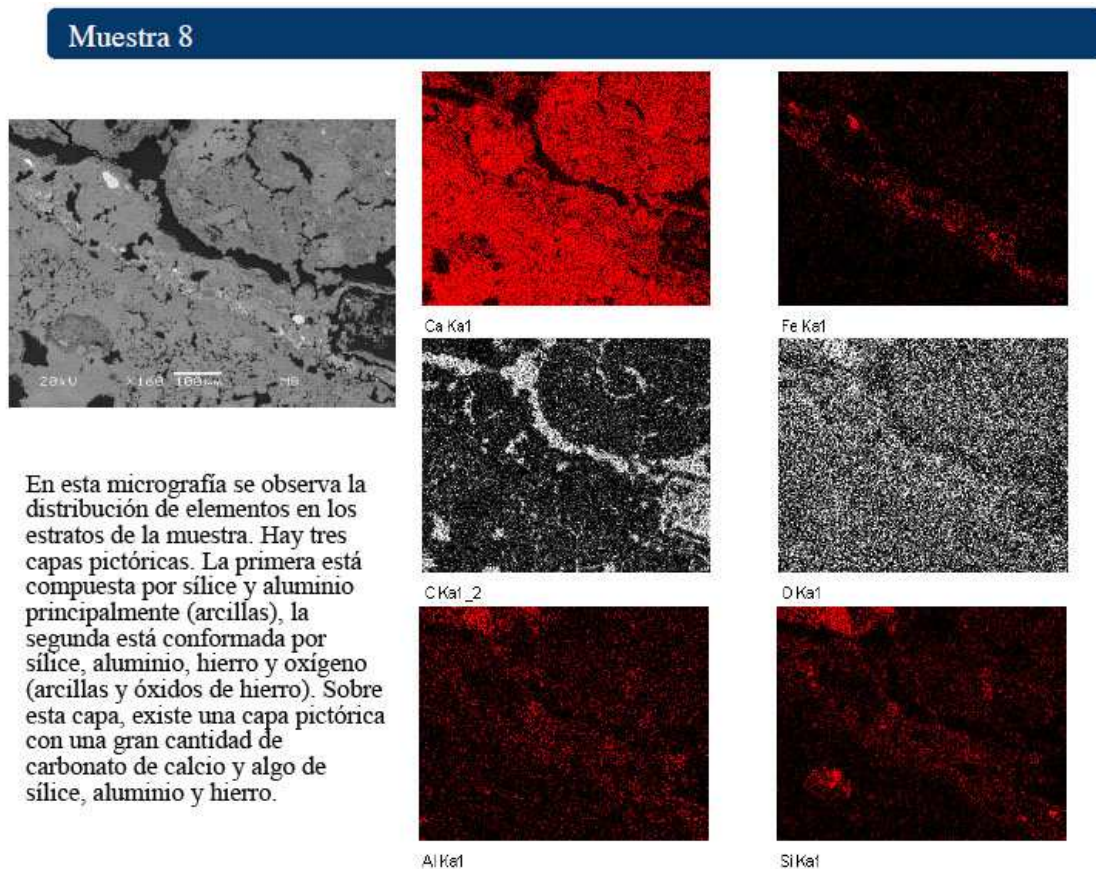


Ilustración 72: Mapeo elemental muestra 8. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.

En la muestra 8^a se observan las mismas dos primeras capas que en la anterior, pero la tercera es bastante diferente presentando en su composición, sílice, aluminio, pocas cantidades de hierro y bastante magnesio a diferencia de las demás. Esta composición pudiera corresponder a la arcilla paligorskita utilizada para hacer el azul maya.

El oxígeno, el carbono y el calcio se encuentran hasta la superficie de la muestra por lo que los pigmentos están cementados en cristales de calcita (Il.73).

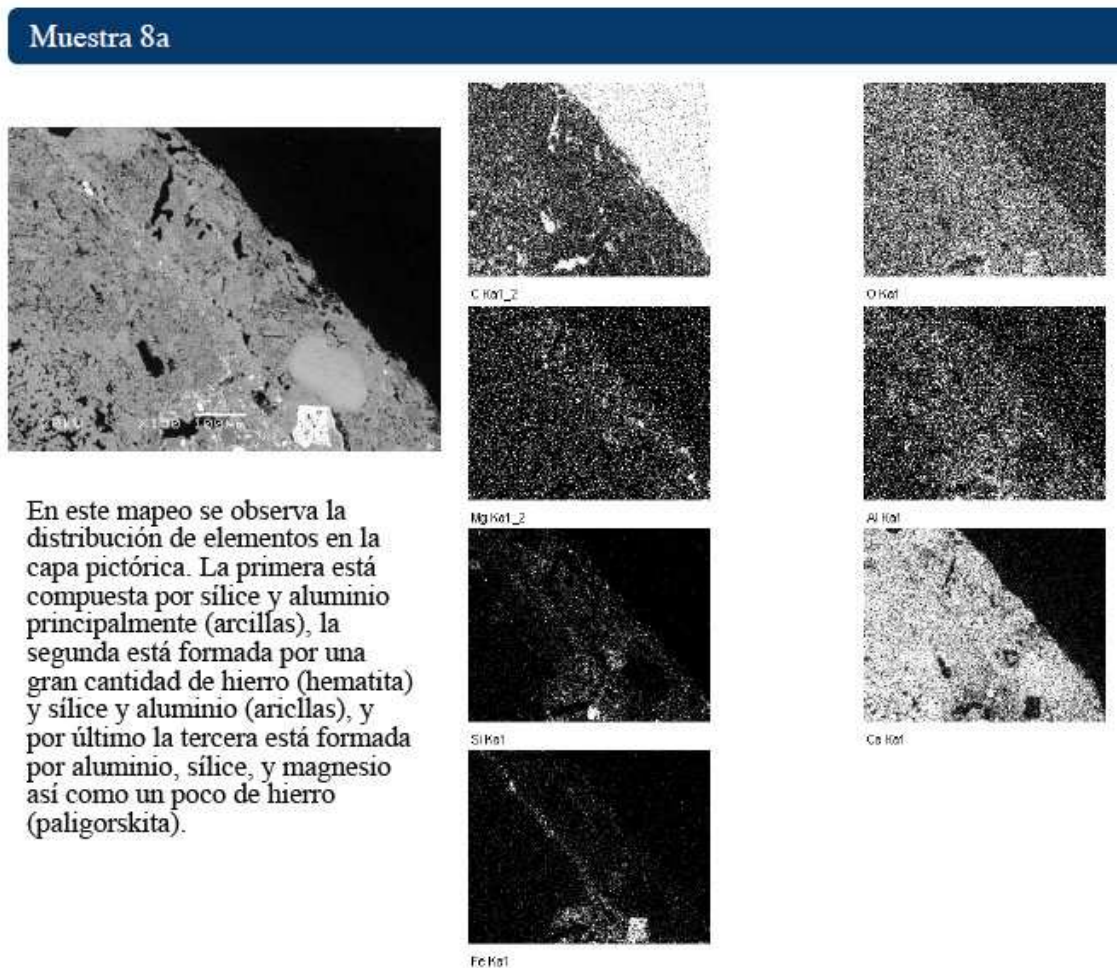


Ilustración 73: Mapeo elemental de muestra 8a. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.

Muestra 10

En la micrografía se observan dos capas de color (Il. 75); la superior muy delgada enriquecida en partículas brillantes que posiblemente sean óxidos de hierro, en particular hematita, ya que este mineral fue identificado con petrografía. En los mapeos estas dos capas están conformadas por sílice, aluminio y hierro. Además se encuentran cantidades de calcio, oxígeno y carbono indicando que los pigmentos están cementados con carbonato de calcio.

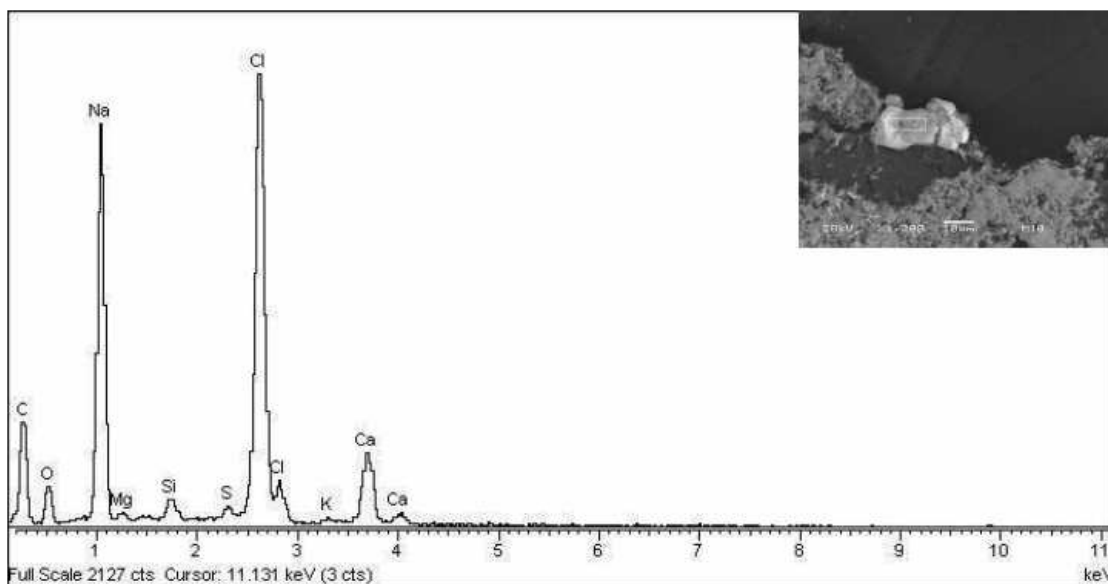


Ilustración 74: Análisis elemental halita. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.

Sobre la capa pictórica se observa un estrato muy delgado enriquecido en calcio, sobre éste se observan dos capas morfológicamente distintas, una conformada por cristales en forma de agujas en un acomodo compacto mientras los superiores están conformados por cristales pequeños; sin embargo, en el mapeo se observa que están compuestas por los siguientes elementos: una gran cantidad de azufre y calcio además de oxígeno; estos elementos cuando se encuentran juntos conforman sulfato de calcio mineral que fue identificado con petrografía (Il. 75).

Además, en la superficie de la muestra se encontró una partícula casi cúbica muy brillante la cual fue identificada como cloruro de sodio (halita) o sal común (Il.74).

Para estudiar la micromorfología se utilizó la muestra MB1. En su canto, se pueden observar con facilidad los distintos estratos que componen al estuco: la capa delgada de estuco con cargas más finas y más compacto (enlucido) colocada sobre una capa de estuco menos compacta con cargas más grandes (repellado) (Il.76). Así mismo, se pudieron observar algunas de las inclusiones de cristales romboédricos de calcita o dolomita, partículas micríticas y pedernales. Además se pudieron observar los siguientes rasgos de intemperismo: en las áreas de depresiones donde se ha perdido el estuco fino y parte del material del estuco medio se observan cristales de micrita poco cementados entre sí (Il.77). Así mismo se observan estructuras blancas compactas y angulosas con cúspides y depresiones (Il.78).

Por otro lado, se observa que en los poros cercanos a la superficie hay arreglos heterogéneos entrelazados de cristales aciculares de calcita (II.79).

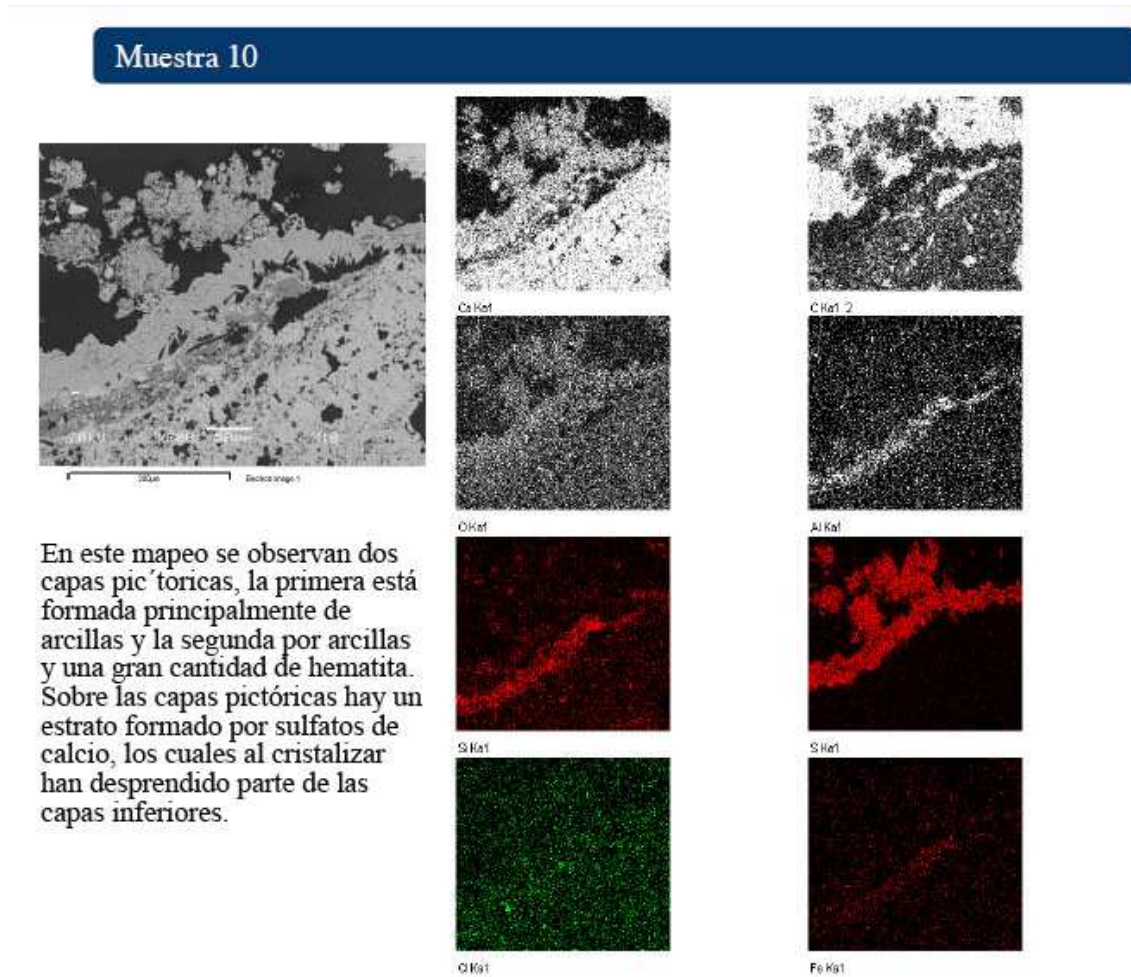


Ilustración 75: Mapeo elemental muestra 10. Realizó: Gerardo Villa y Luisa Straulino.

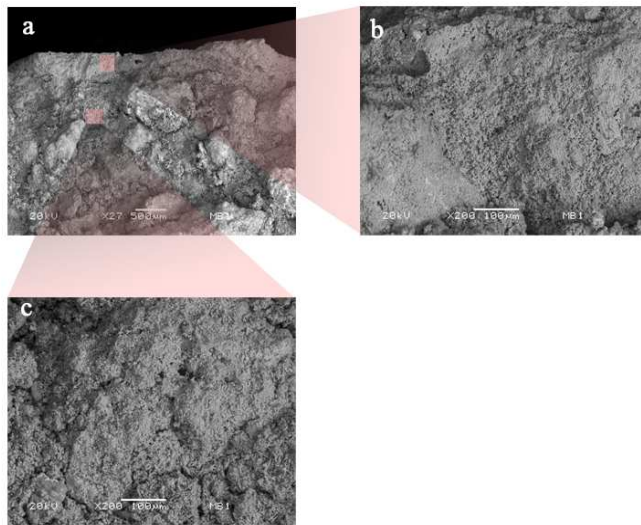


Ilustración 76: Sección transversal de estuco. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Straulino.

Il.76. – MB1-Sección transversal. a) Se observa en la parte superior el enlucido, mientras la parte inferior es el repellado. Se nota que la cantidad de cementante es mayor en esa capa mientras que la cantidad de inclusiones es menor. En el estuco medio hay inclusiones de tamaño heterogéneo. b) Acercamiento al estuco fino sin deterioro, se observa compacto aunque poroso. c) el repellado es menos compacto que el anterior.

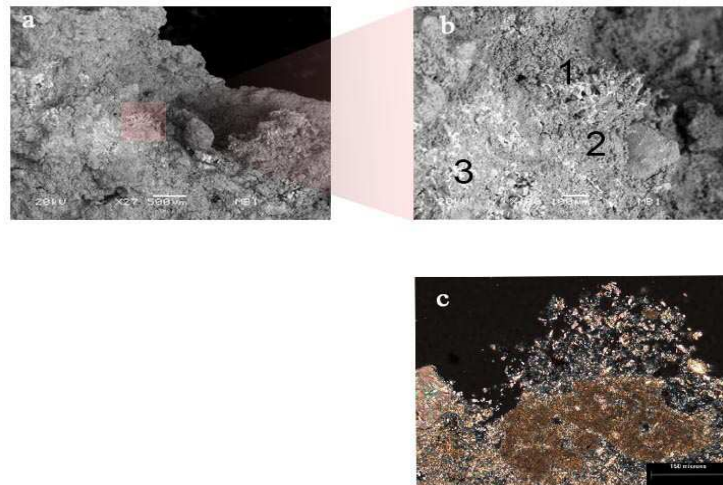


Ilustración 77: Deterioro de la superficie. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Straulino.

Il.77.- Muestra MB1. a) superficie con cavidad kárstica con superficie disgregada. b) partículas finas de carbonato de calcio que dan cohesión al estuco se disolvieron dejando calcita suelta con patrones ramificados sólo en unas micras de la superficie (1); bajo el estuco disgregado se encuentra una capa afectada por disolución pero con cohesión (2); estrato sin intemperismo (3). Este tipo de patrón también se observó con petrografía (comparar b y c)

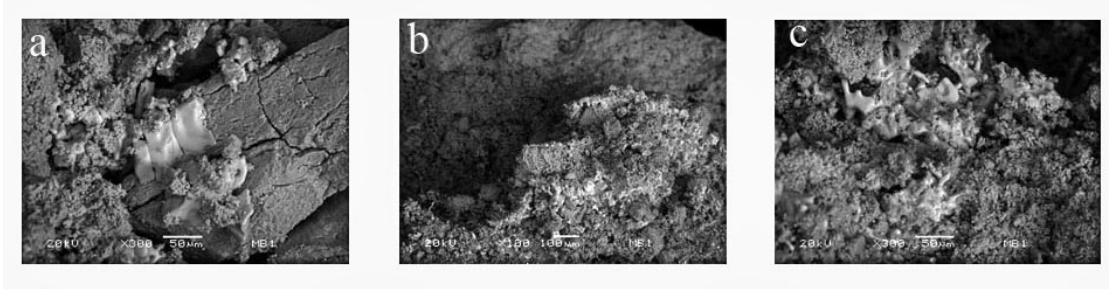


Ilustración 78: Deterioro de cristales gruesos. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Straulino.

Il.78.- En esta serie de micrografías se observan distintos grados de conservación de cristales gruesos. a) en la micrografía se observa que los granos gruesos (blanco o gris claro) están bien conservados, b) en esta micrografía al centro cerca del borde inferior hay unos granos más o menos gruesos que se han comenzado a disolver, c) granos gruesos con patrón de disolución dentado.

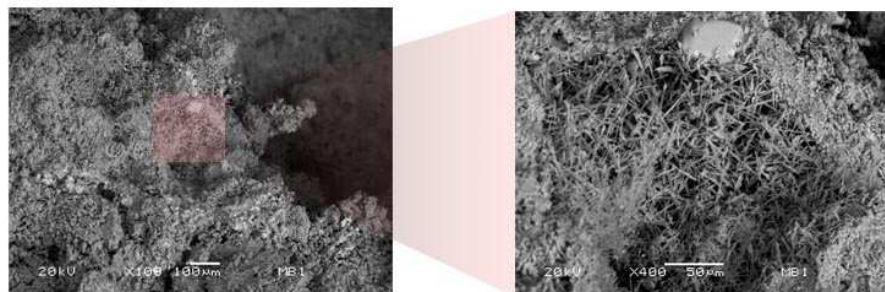


Ilustración 79: Lublinita dentro de poro. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Straulino.

Il.79.- En estas micrografías ya no se observan patrones de disolución, sino de recristalización de calcita en forma de cristales aciculares. En particular estas se encuentran relleno una cavidad microkárstica.

ANÁLISIS CON DRX

La difracción de rayos X (difractogramas en anexo 3) se utilizó para discriminar minerales difíciles de distinguir con petrografía como entre diferentes tipos de carbonatos, así como las arcillas 1:1 del pedernal, cuarzo o feldespatos; los dos últimos son difíciles de distinguir de los otros dos sólo cuando están en fragmentos muy pequeños. Cabe mencionar que los minerales que se encuentran en cantidades menores al 5% se detectan con complicaciones, y es seguro que los que están en concentraciones menores de 2% permanezcan sin localizarse, los picos tan dominantes como los de la calcita en estas muestras hacen la tarea aún más difícil.

| Identificación de minerales por DRX | | | |
|-------------------------------------|--|---|---|
| Edificio | Muestra | Minerales | Observaciones |
| Edificio 2 | 5-Mortero Conservado | Calcita:CaCO ₃ Yeso:CaSO ₄ Halita: NaCl Trazas de filosilicatos a ≈ 10Å | Predominio de calcita. Las otras fases se presentan únicamente como trazas. |
| | 5-Mortero Intemperizado | Calcita:CaCO ₃ Yeso:CaSO ₄ Halita: NaCl Trazas de filosilicatos a ≈ 10Å | Predominio de calcita. Las otras fases se presentan únicamente como trazas. |
| | 5-Capa pictórica | Calcita:CaCO ₃ Hematita: Fe ₂ O ₃ Goethita: αFeO(OH) | Quedan dos picos pequeños por identificar a ≈3.79Å y ≈3.28Å. El primero podría corresponder a Lepidocrocita (γFeO(OH)) y el segundo a Melanterita (FeSO ₄ 7H ₂ O) pero como únicamente encontramos un pico de cada fase no se puede confirmar. Es necesario disponer de un poco más de material de esta capa roja para mejorar la determinación ya que es una película muy delgada. |
| | 10- Repellados, enlucido y capa pictórica con eflorescencias salinas | Calcita:CaCO ₃ Yeso:CaSO ₄ Trazas de filosilicatos a ≈ 10Å | Predominio de calcita. Las otras fases se presentan únicamente como trazas. Similar a la muestra "MB5 mortero conservado" pero con un proporción ligeramente más alta de filosilicatos y sin halita. |
| Pequeña Acrópolis | Muestra de estuco en jambas | Calcita: CaCO ₃ | Sin impurezas de otros minerales |
| | Muestra de estuco interior | Calcita: CaCO ₃ Cuarzo: SiO ₂ Feldespato tipo plagioclasa intermedia: (CaNa) (AlSi) ₂ Si ₂ O ₈ Trazas de illita-mica Trazas de Tridimita Trazas de Caolinita | Predominio de calcita. Predominio de calcita Queda un pico importante a ~3.154Å por identificar. |
| Plaza Pom | Estuco con capa pictórica roja | Calcita: CaCO ₃ Hematita: Fe ₂ O ₃ Dolomita: (CaMg)CO ₃ Cuarzo: SiO ₂ Posibles trazas de cuarzo (pico a ~3.34Å) | Predominio de calcita |
| | Estuco con capa pictórica amarilla | Calcita: CaCO ₃ Dolomita: (CaMg)CO ₃ Posibles trazas de cuarzo | Predominio de calcita Queda un pico importante a ~3.154Å por identificar. |

| | | | |
|--|--------------------------------|---|-----------------------|
| | | (pico a $\sim 3.34\text{\AA}$) Posibles trazas mínimas de goethita (FeO(OH) (pico a $\sim 4.18\text{\AA}$) | |
| | Estuco con capa pictórica azul | Calcita: CaCO ₃ Dolomita: (CaMg)CO ₃ Posibles trazas de cuarzo (pico a $\sim 3.34\text{\AA}$) Filosilicatos a 10.3\AA - 10.5\AA muy probablemente por la posición de tipo paligorskita. | Predominio de calcita |

Tabla 15: Resultados de DRX.

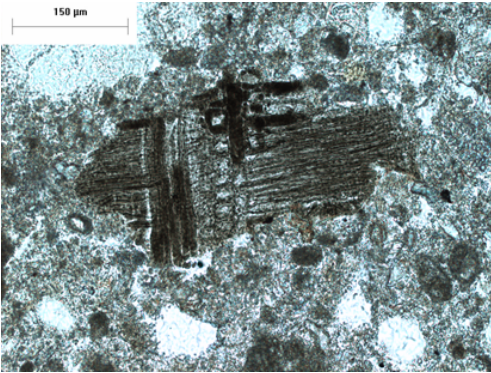
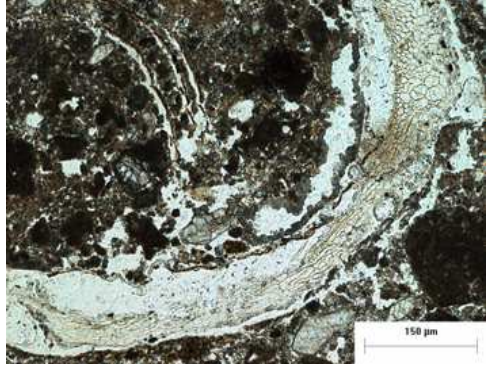
La calcita es el mineral dominante en todas las muestras, los filosilicatos aparecen como trazas exceptuando en la muestra del interior de la Pequeña Acrópolis, donde son mucho más abundantes que en el resto de los estucos. No obstante la dolomita sólo aparece en las muestras de Plaza Pom, y el cuarzo se encuentra en casi todas las muestras a excepción de las del Edificio 2. Es notoria la ausencia de aragonita, aunque puede explicarse por la baja proporción de conchas en las muestras.

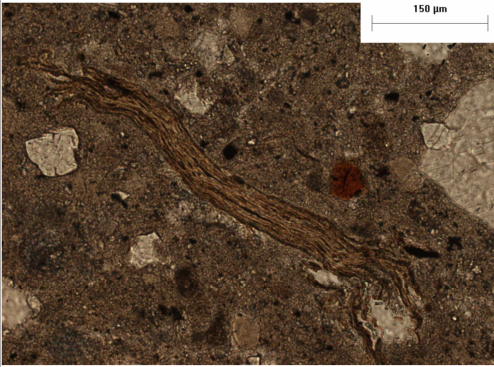
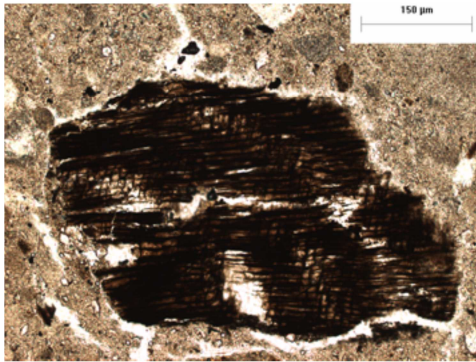
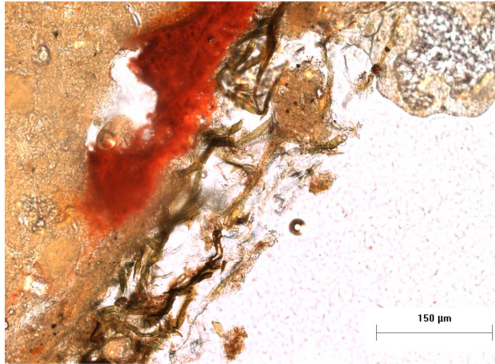
Respecto a los pigmentos, los rojos y anaranjados están hechos con hematita y goethita, mientras el azul parece tener paligorskita (picos de 10.3\AA - 10.5\AA) por lo que se trataría de azul maya; los amarillos parecen tener algunas trazas de goethita pero ningún otro mineral cristalino de hierro, por lo que puede suponerse que los óxidos de hierro se encuentren en fases amorfas.

La posible presencia de lepidocrita y melanterita en la capa pictórica de la muestra 5 podría ser el resultado de procesos de deterioro de los pigmentos rojos y de interacción química con el agua y el azufre del yeso.

IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES ORGÁNICOS

En la observación de las láminas petrográficas se identificaron componentes de naturaleza orgánica que se repiten continuamente en ellas, aunque de manera poco frecuente al interior de cada una, se identificaron utilizando las referencias mencionadas para la petrografía, y además para la identificación de componentes orgánicos en MEB se contó con la asesoría de la restauradora Luisa Mainou quien tiene una amplia experiencia en el tema. Estos componentes son tejidos vegetales y microorganismos con las siguientes características:

| Componente | Subcomponente | Micrografía | Descripción |
|----------------|---------------|---|--|
| Tejido vegetal | Leñoso |  <p data-bbox="626 894 1114 947"><i>Ilustración 80: Tejido vegetal leñoso. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i></p> | <p data-bbox="1127 491 1404 772">Muestran diversos rasgos de la madera como radios, traqueidas, punteaduras. Suelen verse pardos o cafés en luz transmitida e isotrópicos o con colores blancos de interferencia con Nícoles cruzados.</p> |
| | No leñoso |  <p data-bbox="626 1381 1114 1434"><i>Ilustración 81: Tejido vegetal no leñoso. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i></p> | <p data-bbox="1127 978 1404 1073">Pueden mostrar su estructura celular como en este caso.</p> |

| | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|--|---|
| | |  <p><i>Ilustración 82: Tejido vegetal no leñoso. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i></p> | <p>O estar formado de fibras acomodadas paralelamente</p> <p>Suelen verse pardos o translúcidos en luz transmitida e isotrópicos o con colores blancos de primer orden en Nicoles cruzados.</p> |
| | <p>Tejido vegetal carbonizado</p> |  <p><i>Ilustración 83: Tejido vegetal carbonizado. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i></p> | <p>El tejido vegetal carbonizado, o carbón, se observa negro con cualquier tipo de luz. A veces conservan ciertos rasgos del tejido vegetal aunque otras veces se observan más como bloques negros rectangulares o más o menos cuadrados con un par de bordes opuestos rugosos.</p> |
| <p>Cianobacterias</p> | |  <p><i>Ilustración 84: Cianobacterias. Luz transmitida y luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.</i></p> | <p>Filiformes, de color verde en luz reflejada e isotrópicos o con colores blancos de primer orden en Nicoles cruzados. Se encuentran en la superficie de las muestras o dentro de los estratos. Si están en la superficie se relacionan con calcita acicular.</p> |

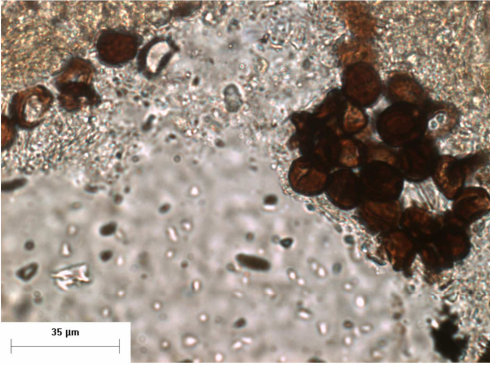
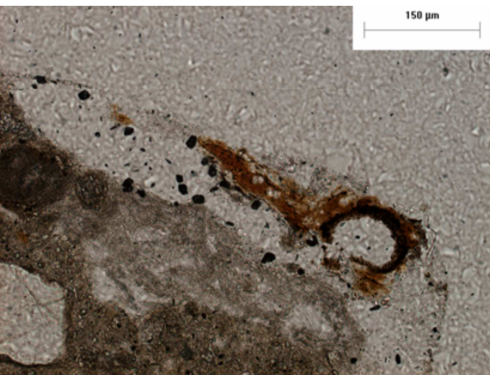
| | | | |
|--|--|--|---|
| <p>Microorganismos no identificados (Puede tratarse de esporangios)</p> | |  <p><i>Ilustración 85: Microorganismos no identificados. Luz transmitida. Fotografía: Luisa Straulino.</i></p> | <p>Son redondeados de color morado o café rojizo en luz reflejada e isotrópicos en Nicoles cruzados. Están generalmente agrupados con formas redondeadas y pueden encontrarse en la superficie o dentro de la matriz e inclusiones. Parecen tener doble capa y algunos semejan haberse ya abierto aunque puede deberse al corte de la lámina.</p> |
| <p>Microorganismos no identificados (Posibles líquenes)</p> | |  <p><i>Ilustración 86: Microorganismo fibroso. Fotografía: Luisa Straulino</i></p> | <p>Fibrosos y amarillo-anaranjado en luz transmitida e isotrópicos con un tono muy tenue anaranjado en Nicoles cruzados. Se agrupan en formas más o menos redondeadas, están en la superficie de las muestras. Se relacionan con calcita acicular.</p> |

Tabla 16: Inclusiones orgánicas.

Ahora bien, se observó con microscopía de barrido un fragmento de la muestra 12 sin tratar para identificar compuestos orgánicos que estaban distribuidos en la superficie en dos tipos de costra, una verde seco y otra verde claro; se analizaron ambas secciones.

Se pudieron identificar hifas, y lo que parece ser esporangios rotos y esporas, así como microorganismos y cianobacterias; además hay un film que pareciera una capa polimérica que se encuentra a veces en la superficie, ocultando la micromorfología del estrato inferior, o a veces, intercalada entre diferentes materiales como calcita, calcita acicular, hifas, etc.

Sección verde seco

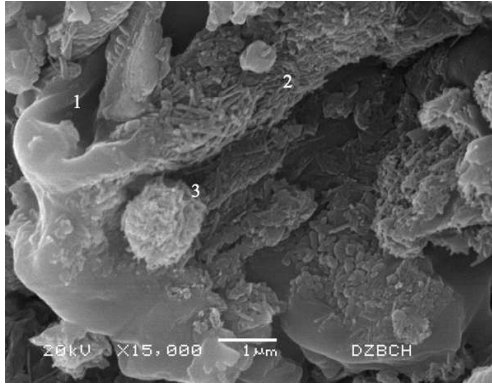


Ilustración 87: Película con calcita acicular. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.

En esta micrografía se observa una película lisa, de apariencia tersa y de aspecto mucoide(1) sobre la que se han depositado cristales de calcita acicular (2) y otras formas de cristales de calcita. Además se observa una esfera que también está cubierta de calcita acicular (3) que puede ser un organismo biológico calcificado, un alga o una bacteria.

En esta imagen se observa que el film de apariencia polimérica se extiende sobre la superficie de la muestra ocultando la micromorfología de lo que le subyace. No obstante, arriba de la película se pueden ver una hifa (1), esferas calcificadas (posibles algas o bacterias) (2), y calcita acicular (3).

La composición de esta área es: C 49.48, O 42.71, Al 0.62, Si 1.75, Ca 5.4. El alto contenido de carbono y oxígeno en comparación con los demás elementos indica que el film es de composición orgánica.

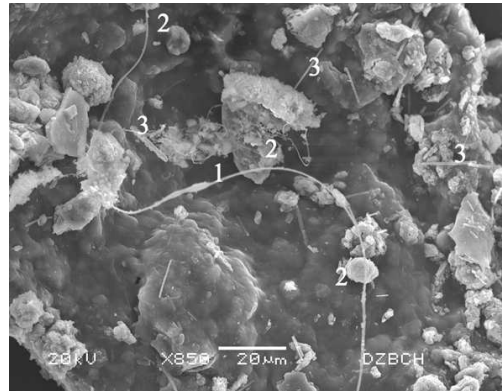


Ilustración 88: Película de apariencia polimérica e hifas. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.

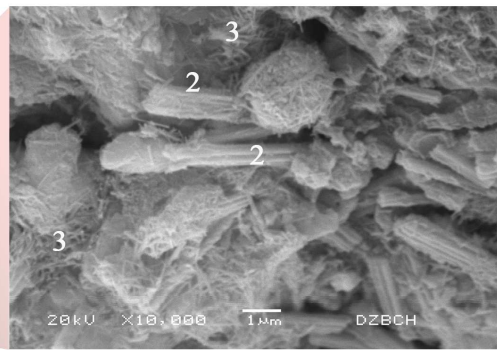
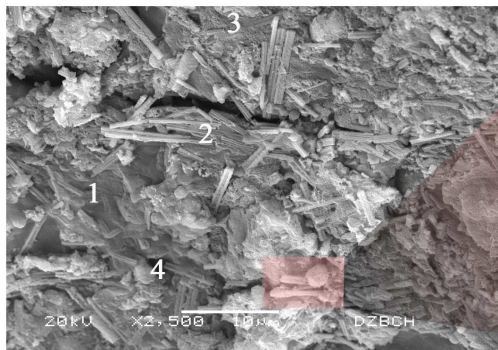


Ilustración 89: Película polimérica y cristales aciculares. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.

En estas imágenes se observa la superficie más calcificada, aunque se observa la película polimérica (1), esferas calcificadas con cristales aciculares (4), cristales aciculares simples en un entramado son orden (3) y cristales aciculares unidos que forman barras (2).

La composición elemental del área es: C 15.15, O 47.38, Al 1.14, Si 1.86, Ca 34.71, esta composición elemental indica que la mayor parte de la composición es carbonato de calcio con algunas arcillas.

Sección verde claro

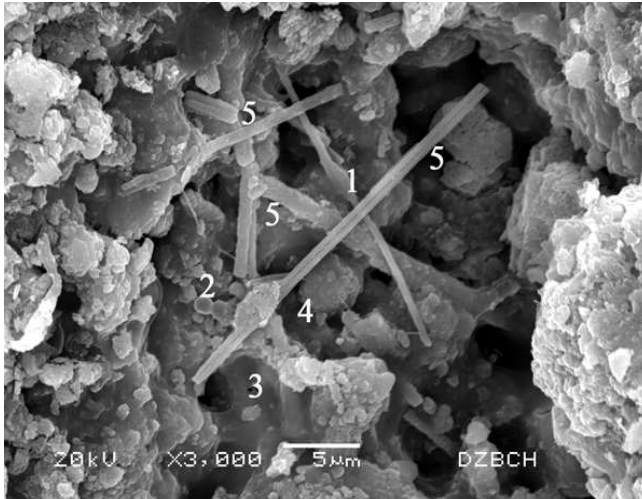


Ilustración 90: Microorganismos y lublinita. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.

En esta micrografía se observa una superficie con cristales de carbonatos distintos unidos por el film (3), cristales aciculares (5) junto a una hifa (1), una esfera calcificada (4) y pequeñas esferas que pueden ser microorganismos sin calcificar (2).

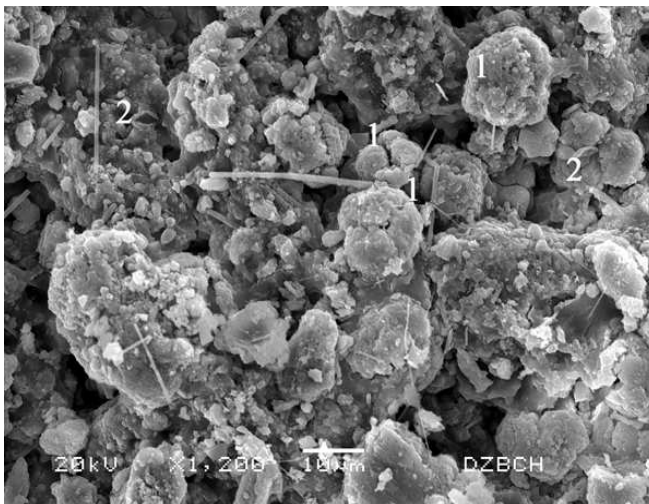
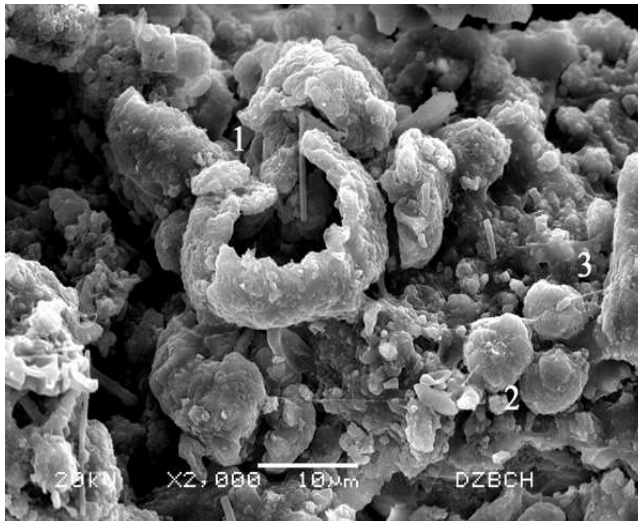


Ilustración 91: Microorganismos calcificados. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.

En esta micrografía se observa que todos los elementos están calcificados, hay algunos cristales aciculares de calcita. Con el número 1 están marcados unas esferas trilobuladas que podrían ser cianobacterias calcificadas o algas. El 2 corresponde a unas partículas que parecen medias esferas huecas, estas podrían corresponder a otro tipo de algas sin calcificar.



La imagen muestra una media esfera hueca (1), de tamaño distinto a las mencionadas arriba pero que coinciden con las partículas identificadas como esporangios en petrografía. Atrás hay otro de estos elementos. Cerca hay tres pequeñas esferas (2) que podrían tratarse de las esporas que soltó el esporangio. Además se observa un área que presenta el film orgánico (3). Todo está calcificado.

Ilustración 92: Posible esporangio con esporas. MEB. Fotografía: Gerardo Villa y Luisa Mainou.

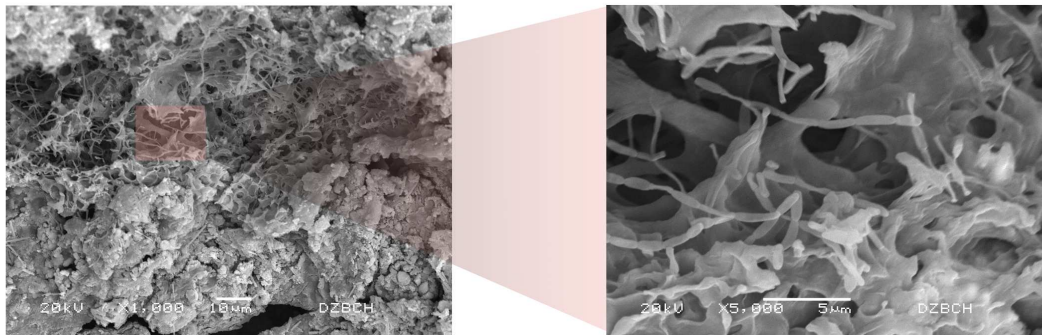


Ilustración 93: Micelios y película orgánica. MEB. Fotografías: Gerardo Villa y Luisa Mainou.

En un hueco de la superficie calcificada se observa parte del micelio, con las hifas septadas junto con el film orgánico.

Estos componentes orgánicos se encuentran en diversos estratos de diferentes muestras, su localización se presenta a continuación:

| Edificio | | | Componente orgánico | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|--------------------------|----------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|--|
| | | | Tejido Vegetal | | Cianobacterias | | Posibles esporangios | | Posibles líquenes | |
| Edificio 2 | | | M9-E1(g) M10-E2(r) | | | M5-E1(g) | húmedo | M9-E1(g) M10-E2(r) | húmedo húmedo | |
| Plaza Pom | | | M6-E2(r) M8-E2(r) | | | M8-CP1 | seco | M8-E2(r) | seco | |
| Pequeña Acrópolis | Edificio sur | | M11-E1(r) | | | M23-E1(r) | húmedo | M11-E1(r) | húmedo | |
| | edificio este | externo | M17-E2(r) | M16-E1(e)- M16-E2(6)- | húmedo | | | | | |
| | | interno | M15-E1(r) | M19-D1-h M19-E1(r) | húmedo | M15-E1(r) M19-D1 | húmedo húmedo | | | |
| | | jambas | M12-E2(r) | M13-D2 | húmedo | M13-D1 M13-E2(r) | húmedo | M12-E2(r) | seco | |
| | | piso | | M21-E1(e) M21-E2(r) | húmedo | M21-E1(e) M21-E2(r) | húmedo | | | |
| | Edificio norte | | M22-E1(e) M22-E2(r) | M20-D1 M20-E2(r) | húmedo | M20-D1 M22-E2(r) | húmedo seco | M20-E2(r) | húmedo | |

Tabla 17: Aparición de componentes orgánicos en las muestras.

Se observa que todas las muestras de los distintos edificios tienen tejidos vegetales como componentes de sus estucos y miden de 2.39mm a 156.64 μ m, siendo los tamaños más comunes de 515.69-247.66 μ m. En todas las muestras se encuentran en el repellado blanco con excepción del edificio norte de la Pequeña Acrópolis que tiene una inclusión de tejido vegetal en el enlucido y en el Edificio 2 en el que el repellado gris en la muestra nueve que también tiene una sola inclusión de tejido vegetal.

Además, las cianobacterias sólo se localizan en los estucos húmedos mientras que los microorganismos no identificados se encuentran tanto en estucos húmedos como secos. La distribución de los estucos en los espacios arquitectónicos, así como su micromorfología y el hecho de que haya hifas relacionadas con otros microorganismos, hace pensar que estas costras se componen de líquenes, organismos simbióticos entre un micobionte (hongo) y un ficobionte (ya sea un alga o cianobacteria). La relación entre estos dos organismos ocasiona que colonicen una gran cantidad de ambientes en donde no podrían vivir por

separado; si se trata de líquenes entonces es lógico que se encuentren tanto en sustratos húmedos como en estratos secos ya que podrán vivir en ambos microclimas.

Ahora bien, la cromatografía de gases y espectrometría de masas permitió identificar algunos monosacáridos presentes en los estucos. Los resultados se resumen en la tabla que sigue (para ver la información completa véase Anexo 2)

| Monosacárido | Pequeña Acrópolis | | | | | Estructura 2 | | | P. Pom |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| | Estucos en jambas (int) % | Estucos en jambas (con) % | Estuco interno (int) % | Estuco interno (con) % | Piso (int) % | Sección izquierda (con) % | Sección derecha (int) % | Sección izquierda (con) % | Plaza Pom (con) % |
| Ramnosa | | 15.0 | | 3.35 | | | | 9.03 | |
| galactosa | | 12.4 | | 8.47 | | 33.3 | | 9.30 | 10.99 |
| manosa | | 7.5 | | 8.96 | | | | 10.16 | 11.52 |
| glucosa | 100 | 64.9 | 100 | 77.31 | 100 | 60.5 | 100 | 56.11 | 71.18 |
| xilosa | | | | 1.90 | | | | 15.39 | 6.31 |
| inositol | | | | Sin cuantificar | | | | | |
| fucosa | | | | | | 1.7 | | | |
| No identificado | | | | | | 4.5 | | | |

Tabla 18: Resultados de cromatografía. Monosacáridos. Fotografía: Luisa Straulino. Nota: Int-imtemperizado, con-conservado.

Se observa que no importando el grado de conservación, todas la muestras tienen glucosa; no obstante, en las muestras intemperizadas la glucosa es el único monosacárido que se pudo localizar, mientras que las muestras mejor conservadas tienen de 4 a 5 diferentes. Además, hay que tener presente que aunque el inositol no está cuantificado, si está presente en una muestra.

CARACTERIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE MANUFACTURA DE LOS ÉSTUCOS

PEQUEÑA ACRÓPOLIS

Las muestras de la Pequeña Acrópolis son varias y corresponden a diferentes situaciones espaciales por lo que se dividirán de la siguiente manera: las del Edificio este que presentan color y que corresponden a paramentos con estuco rojo, piso y estucos externos, se colocarán en una tabla. Las muestras de los muros internos del Edificio este que no tienen la capa pictórica roja, se colocarán en otra tabla. Por último, las que corresponden a los Edificios laterales (norte y sur) se colocarán en una última tabla.

A continuación se muestra la tabla de los especímenes con capa pictórica roja y para contextualizar habrá que recordar que las muestras 12 y 13 se tomaron de uno de los estucos que enmarca uno de los vanos del Edificio este, en el muro 14 norte; la muestra 13 corresponde a una sección húmeda; las muestras 16 y 17 corresponden a muestras tomadas en los muros exteriores del mismo edificio, específicamente del muro 31 este, siendo la 16 la que estaba en superficie y la 17 abajo de ella y por lo tanto más antigua. La muestra 21 corresponde al piso pintado de rojo del edificio este tomada entre los muros 16 y 17.

| Estrato | Muestras Pequeña Acrópolis con capa pictórica roja | | | | |
|-----------------------|--|--|--|---|---|
| | jambas | | Externos | | Piso |
| | 12 | 13 | 16 | 17 | 21 |
| Depósito | D1 _{88.70-11.66} μm ⁻ N _{100%} ; cn5 | D1 _{237.21-39.50} μm ⁻ N _{70%} ;cn4- I _{10%} ;pg3- B _{2%} ;al1- PO _{20%} ;pe3 | D1 _{24.92-4.88} μm ⁻ N _{100%} ;cn5 | D1 _{255.9-145.32} μm ⁻ N _{94%} ;cn4- I _{3%} ;pm2;pg1- PO _{3%} ;pe3 | D1 _{70.62-24.33} μm ⁻ -N _{94%} ;cn5- I _{5%} ;pm2;pg2;cb1;a 1- PO _{1%} ;pe1 |
| | D1/CP1 prominente y claro | D1/D2 perceptible y difuso | D1/CP1 prominente y nítido | D1/CP1 prominente y claro | D1/CP1 prominente y nítido |
| Depósito | | D2 _{122.70-39.64} μm ⁻ N _{98%} ;lb4- B _{2%} ;bc1 | | | |
| | | D2/CP1 perceptible y nítido | | | |
| Capa pictórica | CP1 _{102.55-18.43} μm ⁻ MA _? ;cl? I _{5-10%} ; pm2; pg4; pd2- PI _? ;g2;h5;e3- PO _{1%} ;pe1 | CP1 _{90.68-28.12} μm ⁻ MA _? ;cl? I _{10%} ;pm1; pg4; pd1- PI _? ;g1;h5;e2- PO _{1%} ;pe1 | CP1 _{42.48-24.92} μm ⁻ MA _? ;cl? I _{2%} ;pg3 PI _? ;h? - | CP1 _{60.75-34.34} μm ⁻ MA _? ;cl? I _{3%} ;pm1; pg3; pd1- PI _? ;g1;h5;e3- PO _{1%} ;pe1 | |
| | CP1/E1(e) prominente y nítido | CP1/E1(e) perceptible y nítido | CP1/E1(e) prominente y nítido | CP1/E1(e) prominente y nítido | |
| Enlucido | E1(e) _{176.95-110.84} μm ⁻ MA _{88-80%} ;cl5- I _{10-20%} ; pm3; ph1; pg3; a1; cb1 PO _{2%} ;pe2 E1(e)/CP2 prominente y difuso E1(e).CP2 _{82.94-} | E1(e) _{624.51-305.17} μm ⁻ MA _{88%} ;cl5- I _{10%} ;pm2;ph1;pg 3;a1- PO _{2%} ;pe3 E1(e)/CP2 prominente y difuso E1(e).CP2 _{59.94-} | E1(e) _{456.82-148.26} μm ⁻ MA _{80-85%} ;cl5- I _{10-15%} ; pm3; pg2; a1; s1- PO _{5%} pe2;ps3 E1(e)/CP2 prominente y difuso E1(e).CP2 _{191.23-} | E1(e) _{650-189.45} μm ⁻ MA _{87%} ;cl5- I _{10%} ;pm2;ph1;pg 2- PO _{3%} ;pe2 E1(e)/CP2 prominente y difuso E1(e).CP2 _{46.22-} | E1(e) _{161.82-60.75} μm ⁻ MA _{80-75%} ;cl5- I _{10-15%} ; pm2; pg2- 2- PO _{10%} ;pe1;ps4 E1(e)/CP1 prominente y difuso E1(e).CP1 _{52.39-43.89} μm ⁻ PI _? ;h5;g1 |

| | | | | | |
|------------------|---|--|---|--|--|
| | 13.82 μm -PI ₇ ;g5; | 21.24 μm -PI ₇ ;g5 | 13.82 μm -PI ₇ ;g5 E1(e)/MNM1 prominente y difuso E1(e).MNM1 ₇ - B ₇ ;bc1 | 27.99 μm -PI ₇ ;g5 | E1(e)/MNM1 prominente y difuso E1(e).MNM1 ₇ - B ₅ ;bc3;al1 |
| | E1(e)/E2(r) perceptible y difuso | E1(e)/CP2 prominente y difuso | E1(e)/E2(r) prominente y claro | E1(e)/E2(r) prominente y claro/borroso y difuso | E1(e)/CP2 prominente y difuso |
| Repellado | E2(r) _{12.33mm} - MA _{47-40%} ;cl3- I _{50-60%} ; pm4; ph4; pg4; a2; s3; cb4; co3; pd2; pl1- PO _{3%} ;pe4;ps1 E2(r)/D2percep tible y difuso E2(r).D2 ₇ - N _{1%} ;lb5 E2(r)/MNM1 perceptible y difuso E2(r).MNM1 ₇ - B _{1%} ;al1 | E2(r) _{16.06-7.88mm} - MA _{40-30%} ;cl3- I _{50-60%} ; pm4; ph3; pg4; a3; s3; cb3; co1- PO _{10%} ;pe4;ps2 E2(r)/D3percep tible y difuso E2(r).D3 ₇ - N _{5%} ;lb5 E2(r)/MNM1 perceptible y difuso E2(r).MNM1 ₇ - B _{1%} ;al1 | E2(r) _{7.12-1.79 mm} - MA _{40-50%} ;cl4- I _{40-50%} ; pm4; ph3; pg3; a2; s2; cb1; co1- PO _{10%} ;pe4 E2(r)/D1 prominente y difuso E2(r).D1 ₇ - PI _{1%} ;h1 E2(r)/MNM2 prominente y difuso E2(r).MNM2 ₇ - B _{1%} ;bc1 | E2(r) _{23.39mm} - MA _{40-25%} ;cl3- I _{50-60%} ; pm4; ph4; pg4; a3; s3; cb4; pd1; co3; pl1- PO _{10-15%} ;pe4 | E2(r) _{7.07-1.7mm} - MA _{25-20%} ;cl2- I _{70%} ;pm4;ph5;pg4; a2;s1;cb1- PO _{5-10%} ;pe3 E2(r)/MNM2 prominente y difuso E2(r)/MNM2 ₇ - B _{1%} ;bc3;al1 |

Tabla 19: Estratos, fases y componentes de los estucos con capa pictórica roja del edificio central en la Pequeña Acrópolis.

Se describirán, en ese orden y por separado, los estucos pertenecientes a las jambas del edificio este, a los paramentos exteriores y al piso, por haber encontrado algunas diferencias importantes entre ellos.

Jambas del edificio este

El primer estrato es un depósito que mide 237.21-11.66 μm y consiste en neoformaciones de calcita micrítica que ocupan de un 100-70% del área del estrato. La muestra 13, que es de la sección húmeda del paramento, no sólo está conformado por neoformaciones sino que éstas funcionan como cementante para algunas inclusiones de grano grueso (166.16-11.77 μm), cuya fracción es de arenas finas a limos, que se encuentran ocupando un área de 10%. Además hay un componente biológico en un área de 2% constituido por microorganismos café rojizos. La porosidad de este estrato ocupa un área de 20% y está formada por poros estructurales que se encuentran de manera común.

Bajo este depósito, la muestra 13, tiene un depósito más, con espesor de 122.70-39.64 μm ; está compuesta principalmente por un 98% de lublinita y cianobacterias muy escasas.

El estrato inmediato inferior es una capa pictórica guinda de 102.55-18.43 μm , cuyo cementante es carbonato de calcio en forma de calcita micrítica, del cual no se pudo evaluar el porcentaje. Los pigmentos, de los cuales tampoco se pudo evaluar el área que ocupan, son goethita (102.55-18.43 μm) de manera escasa, especularita (158.11-14.53 μm) de frecuencia común y hematita (128.53 - <2 μm) que se encuentra de forma dominante. La mayoría de las partículas visibles van de subangulares a subredondeadas, exceptuando las de hematita especular que son angulosas y están en fracciones de arena fina a limos. Las inclusiones de este estrato ocupan un área de 5-10% y están compuestas de partículas micríticas (72.40-17.17 μm) y pedernal (155.62-6.62 μm) que van de escasas a muy escasas, y partículas de grano grueso (101.91-5.51 μm , más abundantes 48.98-10.75 μm) abundantes, cuya fracción es de arenas finas a limos, con abundancia de limos. Estas últimas y el pedernal tienen una forma de angular a subredondeada, mientras que las partículas micríticas van de subredondeadas a redondeadas. La porosidad de este estrato es baja, ocupa el 1% del área total del mismo y está compuesta de poros estructurales con muy escasa frecuencia.

Bajo la capa pictórica está el enlucido cuyo límite con la capa superior es prominente y nítido. El enlucido tiene un espesor de 624.51-110.84 μm y es color crema. La matriz de cal se encuentra ocupando un área de 88-80%. Las inclusiones van de un 10-20% y están conformadas por partículas micríticas (480.14-15.62 μm , más abundantes de 81.62-15.62 μm) de comunes a escasas, partículas de grano grueso (170.60-9.89 μm , más abundantes de 50.55-20.73 μm) comunes y partículas heterogéneas (206.52-46.97 μm , más abundantes de 98.02-46.97 μm), arcillas (208.17-25.42 μm) y carbón (512.71-24.92 μm), muy escasos. Las fracciones que se encuentran son de arenas medias a limos y las más abundantes son arenas muy finas y limos y su forma es la que sigue: las partículas micríticas van de subredondeadas a redondeadas, las partículas heterogéneas y de grano grueso, así como las arcillas van de angulares a subangulares, y el carbón es angular. La porosidad ocupa un 2% del área total del estrato y son en general poros estructurales con frecuencia escasa a común.

Tiene, además, un estrato secundario anaranjado cuyo espesor es de 82.94-13.82 μm . Tiene un límite prominente pero difuso. Está compuesta por goethita (74.76- <2 μm) arcillosa dispersa en el estuco, en fracciones de arenas muy finas a arcillas y de forma redondeada a subredondeada, ocupando un área que no se pudo evaluar.

Bajo el enlucido está el repellado de color grisáceo que va de 16.06-7.99 mm. La matriz va de un 30-47%. Las inclusiones ocupan un área de 50-60% que está compuesta por abundantes inclusiones micríticas (2.97mm-30.30 μm), más abundantes de 1.41mm-163.84 μm) y de grano grueso (2.67mm-4.75 μm , más abundantes de 830.06-121.26 μm), las inclusiones heterogéneas que incluyen fragmentos de estuco reutilizado (2.90mm-55.72 μm , más abundantes de 1.09-228.92 μm) y el carbón (1.07mm-6.43 μm , más abundantes de 68.42-239.09 μm) van de abundantes a comunes, las partículas edáficas (1.13mm-50.55 μm , más abundantes de 521.21-50.55 μm) se encuentran de manera común y las conchas (903.25-100.45 μm) van de comunes a escasas, el pedernal (4.28mm-87.58 μm) y las plantas (215.25 μm) de escasos a muy escasos. Las inclusiones están separadas de gravillas finas a arenas muy finas aunque con algunos limos, aunque las fracciones más abundantes van de arenas gruesas a arenas muy finas, la forma de las partículas es la siguiente: las partículas micríticas van de subangulares a redondeadas, las partículas heterogéneas y de grano grueso, así como las arcillas y el pedernal van de angulares a subredondeados, y el carbón y las conchas son angulares. La porosidad ocupa un área de un 3-10% con poros estructurales abundantes y poros secundarios de escasos a muy escasos. El repellado tiene dos estratos secundarios cuyo espesor no se pudo determinar puesto que están muy dispersos. El primero es un depósito de lublinita que ocupa en la muestra 12 el 1% del área y en la muestra 13 el 5%. El segundo estrato está conformado por microorganismos café rojizas que ocupan un 1% del área total.

Estucos de paramentos externos

Las muestras de los paramentos exteriores de espesores entre 255.9-4.88 μm (el de la muestra 17 es mucho más grueso) tienen un depósito de calcita micrítica que varía del 100-94%. La calcita micrítica neoformada de la muestra 17 sirvió como cementante para un 3% de inclusiones de las cuales las partículas micríticas (148.44-19.68 μm) son escasas y las de grano grueso (127.87-17.31 μm) muy escasas; las fracciones más abundantes, entonces, son de arenas finas a limos y las formas son de subredondeados a redondeados para las

partículas micríticas y angulares a subangulares de las de grano grueso. Además tiene una porosidad que ocupa un área de 3% con poros estructurales comunes.

Le sigue inmediatamente abajo una capa pictórica guinda cuyo espesor varía de 60.75-24.92 μm aunque la capa de la muestra 17 es considerablemente más gruesa. La matriz es de cal y no se pudo evaluar el área que ocupa. Las inclusiones van de un 2-3% del área total del estrato. Están compuestas por partículas micríticas (40.67-9.73 μm) y pedernal (26.15 μm) muy escaso y por partículas de grano grueso (97.63-10.11, más abundantes de 30.34-10.47 μm) comunes por lo que las fracciones más abundantes son limos y después arenas muy finas. Las formas de las partículas van de angulares a subangulares para las partículas de grano grueso y pedernal y de subredondeadas a redondeadas para las partículas micríticas. Los pigmentos utilizados fueron hematita (62.07-<2 μm) de manera dominante y la muestra 17, además, tiene especularita (22.09-3 μm) de manera común y goethita (50.32-8.27 μm) muy escasa; las fracciones más abundantes por lo tanto son limos y arcillas. Además tienen una porosidad muy baja, de 1%, con escasos poros estructurales.

Bajo la capa pictórica se encuentra el enlucido, entre ellos hay un límite prominente y nítido. El espesor del enlucido varía de 650-148.26 μm y tiene un color de blanco a crema. La matriz de cal varía de 80-87% y las inclusiones ocupan un área de 10-20%. Están compuestas por partículas micríticas (70.33-17.99 μm) escasas a muy escasas, partículas de grano grueso (107.57-13.45 μm) escasas y partículas heterogéneas (335.18-94.72 μm), arcillas (75.23-14.82 μm) y partículas edáficas (67.79-23.43 μm) muy escasos; las fracciones que se encuentran son de arenas medias a limos, pero abundan las arenas muy finas y los limos; la forma de las partículas es de subredondeada a redondeada para las partículas micríticas y las edáficas, y de angulares a subangulares para las demás. La porosidad varía de un 3-5% siendo la más porosa la muestra 16 que tiene poros estructurales escasos y poros secundarios comunes; la muestra 17 sólo tiene poros estructurales con frecuencia escasa.

El enlucido tiene un estrato secundario, de límite prominente y nítido y de color anaranjado, que tiene un espesor de 191.23-13.82 μm ; el de la muestra 16 es considerablemente más grueso. Consiste en goethita arcillosa (175.67-<2 μm) dispersa en el enlucido; las fracciones en las que se encuentra son de arenas finas a arcillas y tienen

formas de subredondeadas a redondeadas. La muestra 16 tiene además otro estrato secundario que consiste en cianobacterias muy escasas.

El enlucido se colocó sobre un repellado blanco en el caso de la muestra 6 y grisáceo en el caso de la muestra 7 y entre ellos hay un límite que varía de prominente y claro a borroso y difuso.

El repellado tiene un espesor de 23.39-1.79mm, aunque el de la muestra 17 es considerablemente más grueso. La matriz de cal varía de 25-50% siendo la muestra 17 la que tienen una menor cantidad de matriz. Las inclusiones ocupan de un 40-60% del área total del estrato siendo la muestra 17 la que tiene una mayor cantidad de ellas. Las partículas micríticas (3.88mm-23.89 μ m, más abundantes de 1.4mm-283.41 μ m) son abundantes, mientras que las heterogéneas, de las cuales algunas son estucos reutilizados, (8.04mm-90.91 μ m, más abundantes de 1.06mm-139.10 μ m) y de grano grueso (2.33mm-5.81 μ m, más abundantes 643.82-72.86 μ m) van de comunes a abundantes. Las arcillas (1.34mm-86.02 μ m, más abundantes 286.74-514.80 μ m) y las partículas edáficas (1.52mm-53.44 μ m, abundantes 103.04-301.94 μ m) van de comunes a escasas. El carbón (576.16-17.99 μ m) en la muestra 17 es abundante mientras que en la muestra 16 es muy escaso, lo mismo sucede con las conchas (1.17mm-87.74 μ m) que son muy escasas en ésta última mientras con comunes en la muestra 17. Sólo la muestra 17 tiene pedernal (225.98 μ m) y plantas (302.85 μ m) muy escasas; las fracciones van de gravilla a limos, no obstante las más abundantes son las arenas gruesas a arenas finas. La forma de las partículas micríticas van de subangulares a redondeadas, las partículas heterogéneas y de grano grueso, así como las arcillas y el pedernal van de angulares a subredondeados, y el carbón y las conchas son angulares. La porosidad va de 10-15% con poros estructurales abundantes.

La muestra 16 además tiene dos estratos secundarios. El primero consiste en un depósito de óxidos de hierro alrededor de poros y el siguiente consiste en cianobacterias dispersas en la estructura. Ninguno ocupa más del 1% del área total del estrato.

Piso

El primer estrato es un depósito de espesor 70.66-24.33 μ m, con 94% de neoformaciones de calcita micrítica que sirvieron como cementante a un 5% de inclusiones que se componen de escasas partículas micríticas (138.05-33.20 μ m) y de grano grueso (136.04-8.67 μ m), y muy escasas arcillas (84.68-40.79 μ m) y carbón (26.96-6.49 μ m); las

fracciones más abundantes son de arcillas finas a limos y las formas varían para las partículas micríticas de subredondeadas a redondeadas, las partículas micríticas y las arcillas de angulares a subangulares y el carbón es angular.

Este depósito está sobre un enlucido de espesor variable de entre 161.82-60.75 26.96-6.49 μm . La matriz de cal ocupa un área de 80-75%, mientras las inclusiones ocupan de 10-15% y consisten en partículas micríticas (58.49-6.99) y de grano grueso (25.23-6.99 μm) escasas; por lo que se puede observar, la fracción más abundantes son los limos. La porosidad es de 10% con poros estructurales escasos y poros secundarios abundantes.

Tiene un estrato secundario rojo que mide de 52.39-43.89 μm y que está compuesto dominante mente por hematita (47.82-<2 μm) y tiene muy escasas partículas de goethita (108.29-<2), dispersas en el enlucido. Además hay otro estrato secundario compuesto por organismos biológicos que ocupan un 5% de la muestra y se componen de cianobacterias encontradas comúnmente y microorganismos escasas.

El enlucido se colocó sobre un repellado blanco que mide de 7.07-1.7mm. La matriz de cal ocupa un 20-35% del área total del estrato, mientras que las inclusiones ocupan un 70% y consisten en partículas heterogéneas (12.75mm-170.64 μm , más abundantes de 2.08mm-384.95 μm)dominantes dentro de las cuales se encuentran estucos reutilizados, partículas micríticas (6.96mm-33.29 μm , más abundantes de 258.16-115.22 μm) y de grano grueso (848.70-20.60 μm , más abundantes de 272.81-147.83 μm) abundantes, arcillas (258.16-115.22 μm) escasas y partículas edáficas (272.16-15.22 μm) y carbón (283.74-37.78 μm) muy escasos; las fracciones varían desde gravillas hasta limos, aunque estos últimos son los menos abundantes. La forma de las partículas micríticas van de subangulares a redondeadas, las partículas heterogéneas y de grano grueso, así como las arcillas y el pedernal van de angulares a subredondeados, y el carbón es angular. La porosidad va de 5-10% y está compuesta por poros estructurales comunes. Además este estrato tienen un estrato secundario compuesto por bacterias encontradas comúnmente y microorganismos muy escasas; ambas no ocupan más del 1% del volumen total del estrato.

A continuación se presenta la tabla que resume los aspectos de las muestras que pertenecen a estucos interiores del Edificio este que no tienen capa pictórica guinda. Las muestra 14 y 16 pertenecen al muro 29 oeste; la muestra 15 está más deteriorada y se tomó de una sección dónde ya no había ninguna sección de bóveda. Las muestras 18 y 19

pertencen al muro 31 oeste; la muestra 19 fue tomada de una sección húmeda y sin bóveda. Las muestras 15, 18 y 19 están erosionadas.

| Muestras de Pequeña Acrópolis de muros interiores | | | | |
|---|--|---|---|--|
| Estrato | 14 | 15 | 18 | 19 |
| Depósito | | | | D1 _{268.26-39.59µm} -N _{86%} ;cn5-I _{10%} ;pm2;pg3;cb3-B _{2%} ;bc1;al1-PO _{5%} ;pe1 |
| | | | | D1/E1(r) |
| Enlucido | E1(e) _{1.1-0.67mm} -MA _{82-80%} ;cl5-I _{15-20%} ;pm2;pg5-PO _{2%} ;pe4-PI _{1%} ;h1 | | | |
| | E1(e)/E2(r) prominente y claro | | | |
| Repellado | E2(r) _{12.02mm} -MA _{30-10%} ;cl3-I _{50-60%} ; pm2; ph1; pg5; pd1; a3; fl-PO _{20-30%} ;pe5 | E1(r) _{9.86-6.31mm} -MA _{30-10%} cl3-I _{60-70%} ; pm4; ph2; pg5; a2; s1; cb1; pd1; p1-PO _{10-20%} ;pe5 E1(r)/MNM1 prominente y difuso E1(r).MNM1 _? -B _{1%} ;al1 | E1(r) _{17.31-2.88mm} -MA _{40-20%} ;cl3-I _{40-50%} ; pm3; ph2; pg5; a3; cb1-PO _{20-30%} ;pe3 | E1(r) _{10.01-4.21mm} -MA _{39-20%} ;cl3-I _{50-60%} ; pm4; ph3; pg4; a3; cb1-PO _{10-20%} ;pe4 E1/MNM1 prominente y difuso E1(e).MNM _? -B _{1%} ;bc1 |

Tabla 20: Estratos, fases y componentes de los muros internos de la Pequeña Acrópolis.

El primer estrato es un depósito de 286.26-39.59 µm (sólo está en la muestra 19). Consiste en una neoformación de calcita micrítica que ocupa un área de 86%. Además hay partículas cementadas que ocupan el 10% del área y se componen de partículas micríticas (71.18-17.59 µm) escasas y partículas de grano grueso (115.13-6.99 µm) y carbón (34.11-3.7 µm) comunes. Las fracciones más abundantes son limos y arenas muy finas y la forma de las partículas es redondeada para las partículas micríticas, angular a subangular para las partículas de grano grueso y el carbón. Hay, además, una fase biológica que ocupa el 2% del área y se compone de microorganismos no identificados y cianobacterias escasas. La porosidad se encuentra en un 5% del área y consiste en poros estructurales escasos.

Bajo esta capa se encuentra el enlucido que sólo se conserva en la muestra 14 y mide de 1.01-0.67mm de espesor. La matriz de cal abarca un 82-80% del área. Las inclusiones ocupan de un 15-20% y consisten de partículas micríticas (455.75-44.01 µm)

escasas y partículas de grano grueso (397.24-7.37 μm) dominantes; las fracciones de las inclusiones son de arenas medias a limos y tienen formas de angulares a redondeadas. Además tiene un pigmento disperso en su estructura en un 1% del área y se compone exclusivamente de hematita.

Bajo esta capa se encuentra el repellado blanco cuyo límite con el estrato anterior es prominente y claro, y, a menudo, está marcado por la hematita alineada con la superficie de este estrato; mide de 13.31-2.88 mm. La matriz de cal varía de 10-40% y las inclusiones van de 40-70% y se componen de partículas micríticas (7.92mm-25.28 μm , más comunes 1.35mm-159.24 μm) de escasas a abundantes, partículas heterogéneas (5.77mm-88.03 μm , más comunes de 1.39mm-139.10 μm) de muy escasas a comunes, partículas de grano grueso (4.69mm-16.77 μm , más comunes de 1.04mm-129.35 μm) de abundantes a dominantes, arcillas (2.97mm-55.48 μm , más abundantes de 351.16-118.94 μm) de escasas a comunes y feldespatos (490.12 μm), suelos (262.69-106.21 μm), carbón (289.59-9.77 μm), pedernal (266.73-141.82 μm) y tejido vegetal (329.79 μm) muy escasos; las fracciones de las inclusiones van de gravillas a limos, siendo más abundantes las arenas muy gruesas a arenas finas y las formas dominantes son de las partículas de grano grueso, carbón, feldespatos y arcillas de muy angulares a subangulares, las partículas micríticas y heterogéneas son de subangulares a subredondeadas, el suelo es de redondeado a subredondeado. La porosidad va de 10-30% y se compone de poros estructurales de dominantes a comunes. Además las muestras 15 y 19 tienen un estrato secundario cuyo espesor no se pudo determinar ya que está muy disperso y consiste en una fracción biológica que ocupa un área de 1% y consiste en microorganismos en el caso de la muestra 15 y cianobacterias en la muestra 19.

A continuación se presentan los resultados de las muestras de los edificios norte y sur. Las muestras 11 y 23 corresponden a los estucos de los muros del edificio sur; están bastante deterioradas y han perdido los enlucidos y las capas pictóricas, mientras que la muestra 11 corresponde a una jamba, la muestra 23 corresponde a un estuco interno. Las muestras 20 y 22 corresponden a muestras del edificio norte en una jamba de entrada pintada de rojo.

| | Muestra | | | |
|-----------------------|---|--|--|---|
| Estrato | 11 | 23 | 20 | 22 |
| Depósito | | | D1 _{83.64-51.63 μm} ⁻ N _{50%} ;lb3 D1/MNM1 perceptible y difuso D1.MNM1 _? B50%;bc3;a1 | D1 _{230.42-7.85 μm} ⁻ -N _{96%} ;cn5-I _{5%} ;pm1;pg3;cb1-PO _{1%} ;pe1 |
| | | | D1/D2 perceptible y difusa | D1/CP1 prominente y nítido |
| Depósito | | | D2 _{42.49-13.15 μm} ; N _{100%} ;cn5 | |
| | | | D2/CP1 | |
| Capa pictórica | | | CP1 _{136.06-35.24 μm} ⁻ MA _? ;cl _? - I _{5%} ;pm1;pg3- PI _? ;h5;e2- PO _{2%} ;pe1;ps1 | CP1 _{81.84-10.11 μm} ⁻ MA _? ;cl _? - I _{10%} ;pm1;pg3;pd1- PI _? ;h5;e2- PO _{2%} ;pe1 |
| | | | CP1/E1(e) prominente y nítido | CP1/E1(e) prominente y nítido |
| Enlucido | E1(e) _{5.8-3.9 μm} MA _{85-80%} ; cl5 I _{10-15%} ; pm3; pg2; a1; s1- PO _{5%} ; pe2, ps1 | | E1(e) _{334.47-94.91 μm} ⁻ MA _{88-85%} ;cl5- I _{10-15%} ; pm3; pg2; s1; cb2- PO _{2%} ;pe1;ps1 E1(e)/CP2 prominente y difuso E1(e).CP _{260.45-9.50 μm} ⁻ PI _? ;g5 | E1(e) _{267.95-72.75 μm} ⁻ MA _{88%} ;cl5- I _{10%} ;pm3; pg2; a1; cb1; p11- PO _{2%} ;pe2 E1(e)/CP2 prominente y difuso E1(e).CP _{7.19-18.34 μm} ⁻ PI _? ;g5 |
| | E1(e)/E2(r) perceptible y claro | | E1(e)/E2(r) perceptible y nítido, difuso | E1(e)/E2(r) borroso y difuso |
| Repellado | E2(r) _{16.23-10.25 mm} ⁻ MA _{55-40%} ;cl3- I _{40-50%} ; pm4; ph4; pg4; a3; s3; cb4; pd1; pl1; co1- PO _{5-10%} ;pe4;ps1 E1(r)/D1 prominente y difuso E1(r).D1- N _{2%} ;lb2 | E1(r) _{7.33 mm} MA _{40-30%} ; cl3- I _{50-40%} ; pm3; ph2; pg4; a3; cb1 PO _{20%} ;pe3 | E2(r) _{21.89-12.99 mm} ⁻ MA _{30-40%} ;cl3- I _{50-60%} ; pm4; ph3; pg4; a3; s3; cb3; co3; pd1- PO _{10%} ;pe4;ps2 E2(r)/MNM prominente y difuso E2(r).MNM _? - B _{1%} ;al1;bc1 | E2(r) _{13.09 mm} ⁻ MA _{50-30%} ;cl5- I _{40-50%} ; pm4; ph3; pg4; a3; s3; cb4; pl1; co2- PO _{10-20%} ;pe4;ps1 E2(r)/.D2 prominente y difuso E2(r).D2 _? N _{1%} ;lb1 |

| | | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|
| | E1/MNM1 prominente y difuso E1/MNM1?- B _{1%} ;al1 | | E2/D3 prominente y difuso E2(r).D3- N _{2%} ;lb1 | |
| | | E1(r)/E2(g) Prominente y nítido | | |
| Repellado gris | | E2(g) _{12.38-6.32mm-} MA _{35-20%} ;cl3- I _{50-60%} ; pm3; ph4; pg4; a3;s3;cb4;co2- PO _{15-20%} ;pe5;ps2 E1(r)/D1 prominente y difuso E1(r).D1?- N _{1%} ;lb1 E1(r)/MNM1 prominente y difuso E1(r).MNM?- B _{1%} ;al1 | | |

Tabla 21: Estratos, fases y componentes de lo estucos en el edificio norte y sur.

Edificio sur

Los repellados del edificio sur no presentan capa pictórica debido al intemperismo.

Vano

El enlucido mide de 5.8-3.9mm y es de color crema. La matriz ocupa de 85-80% del área y las inclusiones van de un 10-15%. Las partículas micríticas (2.5mm-46 μm, abundantes de 1.02mm-236 μm) son comunes, las partículas de grano grueso (1.01mm-10.3 μm que son las más abundantes) son escasas, las arcillas (828-20.13 μm, que son las más abundantes) y las partículas edáficas (604-19.03 μm) son muy escasas. Las partículas de grano grueso y el carbón van de angulares a subangulares; las partículas micríticas y edáficas son subredondeadas y redondeadas. Las fracciones van de gravillas finas a limos, las más abundantes son de limos a arenas finas. La porosidad ocupa un 5% del área de la muestra donde las vesículas son escasas y las cavidades muy escasas. El límite entre el enlucido y el repellado es prominente y claro.

El repellido existente va de 16.23-6.32mm. La matriz ocupa del 55-40% del área y las inclusiones van de un 50-40%. Las partículas de grano grueso (2.94mm-17.55 μm , abundantes de 813.97-156.24 μm), las partículas heterogéneas (4.67mm-95.77 μm , abundantes de 1.98mm-58.43 μm), las partículas micríticas (1.83mm-38.74 μm , abundantes de 1.53mm-425.97 μm) y el carbón (1.44mm-13.66 μm , abundantes de 561.42-50.58 μm) son abundantes; las arcillas (640.39mm-125.77 μm , abundantes de 208.35-157.65 μm) y las partículas edáficas (886.51-100.98 μm , abundantes de 738.64-306.40 μm) son comunes, mientras la concha (575.04-151.67 μm) es de escasa a muy escasa; el pedernal (296.59-66.46 μm) y los tejidos vegetales (375.04-151.67 μm) son muy escasos. Las fracciones de las inclusiones van de gravillas finas a limos, pero las más abundantes son de arena muy gruesa a arena muy fina. La forma de las partículas micríticas van de subangulares a redondeadas, las partículas heterogéneas y de grano grueso, así como las arcillas y el pedernal van de angulares a subredondeados, y el carbón, los tejidos vegetales y las conchas son angulares.

La porosidad varía de un 5-15% y consiste de poros estructurales dominantes a abundantes y de poros secundarios escasos a muy escasos.

Presentan un depósito disperso en la matriz de los costados y parte inferior, que consiste del 1-2% del área de toda la muestra, compuesto por lublinita; este estrato tiene uno secundario conformado por microorganismos.

Interior

El repellido mide 7.3mm de espesor y es de color blanco. La matriz ocupa de 40-30% mientras que las inclusiones ocupan de 40-50% y de ese porcentaje las partículas gruesas son abundantes (1.67mm-14.05 μm , abundantes de 983.17-124.56 μm), las partículas micríticas (2.42mm-42.33 μm , abundantes 543.82-214.15 μm) y las arcillas (414.28-109.48 μm que son las más abundantes) son comunes, las partículas heterogéneas (4.86mm-96.74 μm , abundantes 1.02mm-632.43 μm) son escasas y el carbón (234.34-14.09 μm que son las más abundantes) es muy escaso; entonces las fracciones que se encuentran en este estrato con de gravillas finas a limos pero las más abundantes son de gravillas finas a arenas finas. Las partículas micríticas y las heterogéneas son subangulares a subredondeadas; las partículas gruesas, las arcillas y el carbón son angulares a

subangulares. La porosidad ocupa un 20% del área total, los poros estructurales son comunes.

El límite entre el repellado y el repellado gris es prominente y nítido. El repellado gris mide de 12.38-6.32mm. La matriz ocupa de un 35-20% del área total de la lámina mientras que las inclusiones ocupan de un 60-50% de los cuales las partículas gruesas (2.95mm-13.45 μm , abundantes 943.38-226.90 μm), el carbón (382.02-5.19 μm , abundantes 49.97-5.19 μm) y las partículas heterogéneas (4.74mm-172.97 μm , abundantes 1.18mm-460.69 μm) son abundantes; las partículas micríticas (4.08mm-25.34 μm , abundantes 1.48mm-596.44 μm), las arcillas (1.02mm-86.36 μm , abundantes 543.82-346.64 μm) y el suelo (2.18mm-66.46 μm , abundantes 489.76-5.19 μm) son comunes, mientras que las conchas (621.54-292.33 μm) son escasas. Las partículas micríticas y heterogéneas son subangulares a subredondeadas; las partículas gruesas y las arcillas son angulares a subangulares; el carbón y la concha son angulares y las partículas edáficas son angulares. Las fracciones presentes en el estrato son gravillas a limos, las más abundantes son gravillas finas a arenas medias.

Edificio Norte

Las muestras del Edificio norte tienen un depósito en la parte superior (83.64-51.63 μm) que es muy diferente entre ambas, el de la muestra 20 está conformado por 50% de lublinita y 50% de microorganismos de los cuales las cianobacterias son abundantes y las microorganismos muy escasas, además bajo este depósito hay otro (42.49-13.15 μm); conformado enteramente por calcita neoformada.

El depósito de la muestra 22 (230.42-7.85 μm) consiste principalmente de calcita neoformada micrítica con algunas partículas incluidas de las cuales las partículas de grano grueso (79.15-10.39 μm) son comunes y las partículas micríticas (87.09-15-6 μm) y carbón (25.42-10.15 μm) muy escasos. Las fracciones que incluyen esta capa son de tamaños de limos y arenas muy finas. Las partículas de grano grueso y el carbón presentan formas angulares y subangulares, mientras que las partículas micríticas son subredondeadas.

Bajo estos depósitos hay una capa pictórica de entre 136.06-10.11 μm . No se puede estimar ni la cantidad de matriz ni de pigmentos, pero éstos consisten en hematita (54.11-< 2 μm) de manera dominante y especularita (56.33-6.43 μm) escasa. Las capas pictóricas cuentan con inclusiones que ocupan de un 5-10% y están conformadas por partículas

micríticas (119.48-7.57 μm , estas última más abundantes) y pedernal (37.72-24.05 μm) escaso y partículas de grano grueso (79.67-7.41 μm) con frecuencia común: las fracciones dominantes son limos y arenas muy finas y las formas son de subangulares a subredondeadas para las partículas micríticas y la hematita y de angulares a subangulares para las demás partículas. Tienen una porosidad del 2% compuesta de poros estructurales escasos y poros secundarios muy escasos en la muestra 20. El límite con la capa inferior es prominente y nítido.

Esta capa pictórica se asienta sobre el enlucido cuyo espesor varía de 334.47-72.75 μm . Está conformado por un 88-85% de matriz compuesta de calcita micrítica, mientras las inclusiones ocupan de un 10-15% y están conformadas por partículas micríticas (24.94-12.09 μm , abundantes de 136.01-34.99 μm) de frecuencia común, partículas de grano grueso (253.71-4.60 μm , abundantes de 117.86-51.98 μm) escasas, carbón (77.47-3.67 μm) de escaso a muy escaso; las arcillas (354.89-166.74), las partículas edáficas (121.59-16.12 μm) y material vegetal (432.20 μm) muy escasos. Las fracciones presentes en el enlucido son de arenas medias a limos, pero las más comunes son arenas finas a muy finas. La forma de las inclusiones la siguiente: partículas micríticas y edáficas van de subredondeadas a redondeadas, las partículas de grano grueso, así como las arcillas van de angulares a subangulares, y el material vegetal es angular. La porosidad de este estrato es de 2% está conformada por poros estructurales de muy escasos a escasos y poros secundarios muy escasos. El enlucido tiene un estrato secundario de límite prominente y difuso de 260.45-7.19 μm . Está conformado por goethita difundida en la matriz del enlucido.

El límite con el estrato inferior que es el repellido blanco es perceptible y nítido con secciones borrosas y difusas. Este repellido es de 21.89-13.09mm. La matriz comprende del 30-50% de área mientras que las inclusiones van del 40-60%. éstas últimas están compuestas por partículas micríticas (3.65mm-19.83 μm , abundantes de 1.12mm-273.75 μm) y de grano grueso (1.60mm-11.74 μm , abundantes de 441.58-106.21 μm) abundantes, partículas heterogéneas (2.97mm-65.49 μm , abundantes de 1.85mm-465.18 μm), arcillas (877.89-27.56 μm , abundantes de 306.01-150.82 μm) y partículas edáficas (2.12mm-112.35 μm , abundantes de 112.35-118.61 μm) comunes, carbón (630.05-7.41 μm , abundantes de 16.29-7.41 μm) de abundante a común, y pedernal (303.31 μm) y materia

vegetal (156.64 μm) muy escasos. Las fracciones en las que se encuentran las inclusiones son de gravillas finas a limos, pero las más abundantes son arenas muy gruesas a arenas finas. El repellado presenta una porosidad de 10-20% compuesto de poros estructurales abundantes y poros secundarios de escasos a muy escasos.

Este estrato tiene varios estratos secundarios que se conforman de depósitos dispersos de la periferia a la superficie interna del estuco. Estos depósitos están formados por lublinita y en el caso de la muestra 20 de otro estrato secundario biológico compuesto por microorganismos y cianobacterias. Todos ocupan menos del 2% del área total de la lámina.

Proporciones entre cementante e inclusiones

| Ubicación | | | Capa pictórica | | Enlucido | | Repellado | |
|---------------|----------|------|------------------------------|---------------------------|--|--------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Edificio este | jambas | M12 | MA? PI? I5-10% PO1% | No se puede | MA84% I15% PO2% E1.CP2;g | 1:0.17:0.02 no se puede | MA43.5% I55% PO3% | 1:1.26:0.06 |
| | | M13 | MA? PI? I10% PO1% | No se puede | MA88% I10% PO2% E1.CP2;g | 1:0.11:0.02 no se puede | MA35% I55% PO10% | 1:1.57:0.28 |
| | externos | M16 | MA? PI? I2% | No se puede | MA82.5% I12.5% PO5% E1.CP2;g | 1:0.15:0.06 no se puede | MA45% I45% PO10% | 1:1:0.22 |
| | | M17 | MA? PI? C3% PO1% | No se puede | MA87% I10% PO3% E1.CP2;g | 1:0.11:0.03 no se puede | MA32.5% I55% PO12.5% | 1:1.69:0.38 |
| | piso | M21 | ----- | ----- | MA77.5% I12.5% PO10% E1.CP1;g:h | 1:0.16:0.12 no se puede | MA22.5% I70% PO7.5% | 1:3.1:0.33 |
| | internos | M14 | ----- | ----- | MA81% I17.5% PO2% PI1% | 1:0.21:0.02:0.01 | MA20% I55% PO25% | 1:2.75:1.25 |
| | | M15 | ----- | ----- | ----- | ----- | MA20% I65% PO15% | 1:3.25:0.75 |
| | | M18 | ----- | ----- | ----- | ----- | MA30% I45% PO25% | 1:1.5:0.83 |
| | | M19 | ----- | ----- | ----- | ----- | MA29.5% I55% PO15% | 1:1.86:0.50 |
| | Norte | vano | M20 | MA? PI? I5% PO2% | No se puede | MA86.5% I12.5% PO2% | 1:0.14:0.02 | MA35% I55% PO10% |

| | | | | | | | | |
|--|------|-----|--------------------|----------------|-----------------------|-------------|------------------------|-------------|
| | vano | M22 | MA? PI? PO2% | No se puede | MA88% I10% PO2% | 1:0.11:0.02 | MA40% I45% PO15% | 1:1.12:0.37 |
|--|------|-----|--------------------|----------------|-----------------------|-------------|------------------------|-------------|

Tabla 22: Proporciones en la Pequeña Acrópolis.

| Ubicación | | | Enlucido | | Repellado | | Repellado gris | |
|-----------|---------|-----|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|----------------------------|----------|
| Sur | vano | M11 | MA82.5% I12.5% PO5% | 1:0.15:0.06 | MA47.5% I45% PO7.4% | 1:0.94:0.15 | | |
| | interno | M23 | | | MA35% I45% PO20% | 1:1.2:0.5 | MA27.5% I55% PO17.5% | 1:2:0.63 |

Tabla 23: Proporciones en el edificio sur de la Pequeña Acrópolis.

PLAZA POM

Para contextualizar la tabla que a continuación se presenta hay que recordar que todas las muestras de Plaza Pom fueron tomadas de fragmentos del relieve que ya estaban en derrumbe y bajo capas de sedimentos. Se prefirieron tomar estas muestras y no del relieve *in situ*, debido a que este último se conserva con una excelente adherencia al paramento, por lo que la toma de muestras lo podría haber perjudicado.

| Estrato | Muestra | | |
|----------------|--|---|---|
| | 6 | 7 | 8 |
| Sedimento | S1 _{9,21-242.42µm} -C _{100%} ;pg5 | S1 _{8,67-51.99µm} -C _{100%} ;pg5 | |
| | S1/CP1 prominente y nítida | S/CP1 prominente y nítido | |
| Capa pictórica | | CP1 _{32.33µm} ⁻ MA _? ;cl? ⁻ PI _? ;am? | |
| | | CP1/CP2 prominente y nítido | |
| Capa pictórica | | CP2 _{5.59-12.36µm} ⁻ MA _? ;cl? ⁻ PI _? ;h? | |
| | | CP2/CP3 prominente y nítido | |
| Capa pictórica | CP1 _{71.46-56.69µm} ⁻ MA _? ;cl? ⁻ I _{2-3%} ;pm2;pg2;pd1 | CP3 _{18.89-115.99µm} ⁻ MA _? ;cl? ⁻ I _{2%} ;pm1;pg1 | CP1 _{23.32-233.97µm} ⁻ MA _? ;cl? ⁻ -I _{5%} ;pm3;ph1;pg3;pd2- PI _? ;h1;l5;g2;am1 |

| | | | |
|-----------------------|---|---|--|
| | PI ₇ ;g1;h5 -PO _{1%} ;pe2 | PI ₇ ;l? | PO _{2%} -pe1 CP1.MNM1 ₇ -B _{1%} ;al1 |
| | CP1/CP2 prominente y nítido | CP3/CP4 prominente y nítido | CP1/CP2 prominente y nítido |
| Capa pictórica | CP2 _{541.46-59.95μm} ⁻ MA ₇ ;cl? I _{2-3%} ;pm3;pg3;pd2;a1- PI ₇ ;g3;h5;e3- PO _{5%} ;pe3;ps3 | CP4 _{5.17-740.91μm} ⁻ MA ₇ ;cl? I _{2%} ;pm1;pg1;pd2;a1- PI ₇ ;h5;g3;e2 | CP2 _{41.53-747.09μm} ⁻ MA ₇ ;cl? I _{5%} ;pm3;pg2;pd2-PI ₇ ;h5;e3;g3- PO _{3%} ;pe4 |
| | CP2/E1(e) prominente y nítido | CP4/E1(e) prominente y nítido | CP2/E1(e)prominente y nítido |
| Enlucido | E1(e) _{1.40mm-25.10μm} ⁻ MA _{75-60%} ;cl4- I _{20-30%} ; pm3; ph2; pg3; a1- PO _{5-10%} ;pe2 E1(e)/CP3 prominente y difuso E1(e).CP3 _{11.36-311.58μm} ⁻ PI ₇ ;g5 | E1(e) _{167.12-10.12μm} ⁻ MA _{87%} ;cl4- I _{10%} ;pm3;pg2- PO _{3%} ;pe3 E1(e)/CP5 prominente y difuso E1(e).CP5 _{8.77-59.73μm} ⁻ PI ₇ ;g5 | E1(e) _{178.98-273.25μm} ⁻ MA _{75%} ;cl4- I _{20%} ;pm3;pg3;a1- PO _{5%} ;pe3 E1(e)/CP3 prominente y difuso E1(e).CP3 _{205.51-24.49μm} ⁻ PI ₇ ;g5 |
| | E1(e)/E2(r) perceptible y nítido | E1(e)/E2(r) perceptible y de claro a difuso | E1(e)/E2(r) perceptible y claro |
| Repellado | E2(r) _{22.96mm} ⁻ MA _{45-35%} ;cl3- I _{50-60%} ; pm4; ph3; pg3; a3; s2; cb2- PO _{5%} ;pe2 | E2(r) _{10.59-1.79mm} ⁻ MA _{35-45%} ;cl3- I _{50-60%} ; pm4; ph3; pg4; a3; s1; cb1; pd2- PO _{5%} ;pe3 | E2(r) _{22.62-3.7mm} ⁻ MA _{45-30%} ;cl3- I _{50-60%} ; pm4; ph3; pg4; a2; s2; cb2; pd2; pl1 ;co1- PO _{5-10%} ;pe4 E2(r)/MNM prominente y difuso E2(r).MNM2 ₇ -B _{1%} ;al1 |

Tabla 24: Estratos, fase ay componentes de la Plaza Pom.

La tabla anterior es un resumen de la información contenida en la base de datos; tomando en cuenta ambas se puede hacer una descripción general de los estucos de Plaza Pom.

En general el primer estrato que se encuentra es una capa de sedimentos de 8.67-242 μm, compuestos por partículas de cristales gruesos comprimidos que van de menos de 211.97 - < 2 μm, es decir que hay fracciones de arena fina y muy fina, limos y arcillas; en general son de angulares a subangulares. La capa es muy compacta, sin poros visibles.

Después hay una sucesión de capas pictóricas que tienen límites prominentes y nítidos entre ellas y los estratos inferiores. Todas tienen como cementante carbonato de calcio, aunque no se pudo evaluar al área que ocupa la cal, además tienen inclusiones y

pigmentos. Los estratos que conforman las capas pictóricas tienen colores rojos, amarillos y azules; la muestra que más capas tiene es la muestra 7 que llega a 4.

No obstante, todos comparten una capa pictórica rojo guinda que se encuentra directamente sobre el enlucido. Esta capa va de 747.09-5.17 μm , aunque lo más común es que esté en un rango de 413.53-541.46 μm . Los pigmentos utilizados en esta capa son: hematita (317.09-<2 μm) que se encuentra de manera dominante, goethita (225.75-5.81 μm) de frecuencia común y especularita (108.46-19.30 μm) que varía de escasa a común. Entonces los pigmentos varían en el molido, de arenas medias a muy finas, limos y arcillas; sin embargo la hematita está mayormente como arcillas, mientras que la goethita y la especularita está mayoritariamente como arena muy fina, las formas van de subredondeados a redondeados excepto la especularita que es angular.

Los agregados en esta capa ocupan de un 2-5% del área del estrato y son: partículas micríticas (468.83-15.29 μm , más abundantes de 125.11-69.48 μm) y de grano grueso (252.7-9.77 μm , más abundantes de 56.09-12.86 μm) que van de muy escasas a comunes, pedernal (181.47-7.9 μm , más abundantes de 57.74-14.82 μm) que tiene frecuencia escasa y bloques de arcillas (92.95-16.26 μm), que no están presentes en la muestra 8 y son muy escasas en las otras muestras, entonces las inclusiones varían de ser arenas medias a limos, aunque la mayoría de ellas están en el rango de limos o arenas muy finas y las formas van de subredondeados a redondeadas en las partículas micríticas y de angulares a subredondeados en las demás. Este estrato guinda es una capa compacta ya que su porosidad es mínima, variando de 0-5%. Las muestras 6 y 8 son las que presentan porosidad de 5 y 3% respectivamente; mientras que la de la muestra 8 es porosidad estructural, la muestra 6 tienen un componente secundario.

Sobre esta capa guinda hay una sucesión de capas sobrepuestas. Las muestras 6 y 8 sólo tienen una más (roja y amarilla, respectivamente). Mientras que la 7, tiene otras tres capas más.

La capa pictórica de la muestra 6 que se sobrepone a la capa guinda es rojo intenso y mide de 71.46-56.69 μm . Tiene de 2-3% de inclusiones con escasas partículas micríticas (60.68-12.26 μm) y de grano grueso (107.94-17.43 μm) y muy escasas partículas de pedernal (25-12.50 μm); es decir que las inclusiones son de arenas muy finas a limos. Los pigmentos utilizados fueron hematita (54.60-<2 μm) de manera dominante y goethita

(27.13-16.56 μm) muy escasa; se encuentran entonces en fracciones de limos y arcillas con formas de subredondeadas a redondeadas. La capa es compacta aunque presenta un 1% de porosidad estructural.

La capa pictórica de la muestra 8, que se sobrepone a la guinda, es amarillo verdoso y mide de 233.97-123.32 μm . Tiene 5% de inclusiones de las cuales las partículas micríticas (381.36-85.74 μm , éstas últimas son las más abundantes) y de grano grueso (335.97-11.06 μm , más abundantes son 90.13-66.01 μm) son comunes, el pedernal (129.86-64.88 μm) es escaso y las partículas heterogéneas (284.07-34.14 μm) muy escasas; así las inclusiones presentan fracciones de arenas medias a limos, siendo más abundantes las arenas finas y muy finas, las formas son de subredondeadas a redondeadas para las partículas micríticas y angulares a subredondeadas para los demás. Los pigmentos que se usaron fueron hematita (136.46-46.08 μm) y azul maya (260.95-12.85 μm) de manera muy escasa, goethita (162.37-21.92 μm) de manera escasa y limonita (cuyo tamaño no se pudo evaluar) de manera dominante; así todos los pigmentos excepto la limonita tienen fracciones de arenas medias a limos, siendo más comunes las arenas finas y limos; de la limonita no se pudo evaluar el tamaño porque como se dijo anteriormente no es un mineral en si mismo, es la conjunción de varios óxidos de hierro y además parece que en este caso están en forma amorfa, los demás tienen formas subredondeadas. Esta capa presenta un estrato secundario conformado por microorganismos que ocupan aproximadamente 1% del área total. Es una capa muy compacta, tiene un 1% de poros estructurales.

La muestra 7 tiene sobre esta capa guinda, otras tres capas pictóricas que se describirán de arriba hacia abajo. La primera es azul y mide 32.33 μm y tiene pigmento azul maya en cantidades y formas que no se pueden evaluar. Es compacta ya que no tiene porosidad visible.

La segunda capa pictórica es de color rojo intenso y mide de 12.36-5.59 μm , el pigmento utilizado fue hematita en cantidades y formas no evaluables. Es compacta ya que no se observa porosidad.

El estrato 3 que es una capa pictórica amarilla, colocada directamente sobre la capa guinda ya descrita, mide de 115.99-18.89 μm , y tiene 2% de inclusiones que consisten en partículas micríticas (45.95-49.31 μm) y de grano grueso (20.34-76.77 μm) muy escasas, las fracciones más abundantes son limos y la forma de las inclusiones es redondeada para

las partículas micríticas y angular a subangular para las de grano grueso. El pigmento utilizado es limonita y se encuentra en cantidades y formas no evaluables.

Ahora bien, bajo la capa guinda se encuentra el enlucido que varía de 1.40mm-10.12 μm . La matriz de cal ocupa un 60-57% del área del estrato. Las inclusiones ocupan un área de entre 10-30% de las cuales es posible encontrar comúnmente partículas micríticas (448.91-11.18 μm , más abundantes 172.86-70.62 μm), las partículas de grano grueso (345.51-2.75 μm , más abundantes de 117.53-31.62 μm) se encuentran de manera común a escasa y las arcillas (111.75-34.97 μm) tienen una muy escasa frecuencia; así las fracciones encontradas en las inclusiones son de arenas medias a limos, con abundancia de arenas finas; la forma de las inclusiones va de subredondeada a redondeada para las partículas micríticas y de angular a subangular para las demás. La muestra 6 es la única que tiene partículas heterogéneas (561.88-90.86 μm) pero con escasa frecuencia. Los poros se encuentran de un 3-10%, siendo la muestra 6 la que tiene porosidad más alta. La muestra 7 y la 8 tienen de 3-5% de porosidad estructural.

El enlucido tienen un estrato secundario de color anaranjado cuyo límite es prominente y difuso. Está formado por goethita arcillosa (123.86-<2 μm) de manera dominante, en fracciones de arenas muy finas a arcillas y de forma subredondeada a redondeada, difundida en la parte superior del estrato, aunque no se pudo definir el área que ocupa en el mismo. Este estrato secundario tiene un espesor que varía de 311.58-8.77 μm .

Bajo el enlucido se encuentra el repellido de color blanco que tiene un límite perceptible pero que va de nítido a difuso. Este estrato mide de 22.96-1.79mm (hay que recordar que probablemente no sea su grosor total por tratarse de altoprelieves). La matriz de cal ocupa de un 30-45% del área total del estrato, mientras que las inclusiones ocupan de un 50-60% del total de la misma. Las partículas micríticas (4.95mm-12.05 μm , más abundantes 1.16mm-600 μm) y las partículas de grano grueso (3.01mm-9.50 μm , más abundantes 698.58-183.85 μm) se encuentran con abundante frecuencia, las partículas heterogéneas (5.95mm-99.10 μm , más abundantes 1.9mm-816.28 μm y 328-168.45 μm) se encuentran comúnmente, mientras las arcillas (2.54mm-62.62 μm , más abundantes de 441.44-87.56 μm) se encuentran de común a escasamente. El pedernal (770.52-69.96 μm), el carbón (136.33-22 μm), el suelo (740.42-57.23, más abundantes de 240.74-57.23 μm),

van de escasos a muy escasos y las conchas (164.56 aprox.) y el material vegetal (515.68 aprox.) son muy escasos. Eso quiere decir que las inclusiones se encuentran en fracciones de gravillas finas a limos, pero lo más abundante son las arenas en cualquiera de sus granulometrías; las formas son de redondeadas a subredondeadas para partículas micríticas y suelos, las demás van de angulares a subredondeadas. La porosidad va desde 5-10% siendo la muestra 8 la más porosa. Los poros son estructurales y el más grande es de 3.63mm. Y todas tienen vesículas y sólo la M8 tiene grietas, la más grande de 2mm.

La muestra 8 también tiene un estrato secundario cuyo tamaño no pudo ser determinado porque está muy difuso. Consiste en microorganismos de color rojo que ocupan un 1% del área total y se ubican sobre todo en la periferia de la muestra donde también están la mayoría de las grietas.

Proporciones entre cementante e inclusiones

| Plaza Pom | Capas pictóricas | | | | | Enlucido | | Repellado | |
|------------------|-------------------------|------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| M6 | | | MA? PI? I2-3% PO1% | MA? PI? I2-3% PO5% | ----- | MA67.5% I25% PO7.5% | 1:0.37:0.11 | MA40% I55% PO5% | 1:1.37:0.12 |
| M7 | MA? PI? | MA? PI? | MA? PI? I2% | MA? PI? I2% | ----- | MA87% I10% PO3% | 1:0.11:0.03 | MA40% I55% PO5% | 1:1.37:0.12 |
| M8 | | | MA? PI? I5% PO2% | MA? PI? I5% PO3% | ----- | MA75% I20% PO5% | 1:0.26:0.06 | MA37.5% I55% PO7.5% | 1:1.46:0.20 |

Tabla 25: Proporciones en los estucos de Plaza Pom.

ESTRUCTURA 2, TEMPLO DE LOS CORMORANES

Retomando las descripciones de las muestras para poder relacionar las observaciones macroscópicas con las microscópicas, podemos decir que: a) Todas las muestras excepto a 10 estaban ya desprendidas del soporte; b) la muestra 1 formaba parte del área deteriorada del relieve, con el patrón de deterioro en forma de red; c) la muestra 2 provenía de uno de los círculos pintados en verde; d) la muestra 3 se encontraba con un alto grado de pérdida de material superficial y pulverulencia; e) la muestra 4 que provenía de la sección entre ambas montañas, la capa pictórica se observa un poco deteriorada; f) de la muestra 5 sólo se estudió en lámina delgada el repellado gris de una sección no muy

deteriorada; g) de la muestra 9 que también es una sección del repellido gris, se puede decir que estaba absolutamente deteriorado; h) la muestra 10, con capa pictórica y sales en la superficie; estaba adherida al soporte en la sección derecha del relieve, la más deteriorada por el escurrimiento con presencia de microorganismos.

| Estrato | Muestra | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|---|--|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 9 | 10 |
| Depósito | | D1 _{7.35-29.25} μm. -N _{100%} ; cc5 | | | | | D1 _{11.06 - 158.93} μm ⁻ N _{70%} ; y5- I _{30%} pg3-PI _{2%} ; h2 |
| | | D/E1(e) Prominent e y claro | | | | | D1/CP1 Prominente y difusa |
| Capa pictórica | | | | CP1 _{13.78 a} 13,57 μm· -MA _? ; cl? -PI _? ; n? | | | |
| | | | | CP1/E1 prominent e y nítido | | | |
| Enlucido | | E1(e) ₄₋₇₁ μm. -MA _{100%} ; cl5 | | E1(e) _{0.10-0.2} mm ⁻ MA _{30%} ; cl3- I _{55%} ; pm3; s2- PO _{5%} ; ps2 | | | |
| | | E1(e)/CP1 Prominent e y claro | | E1(e)/E2(r)) Prominent e y difuso | | | |
| Capas pictóricas | CP1 ₁₃₋₇ μm ⁻ MA _? ; cl- PI _? ; h- I _{2%} ; pg1 | CP1 _{4 - 77.22} μm· ⁻ MA _? ; cl? -PI _? ; am? -I _{5%} ; pm1; pg 1 | | | | | CP1 _{4.69- 26.21} μm ⁻ MA _? ; cl?-PI _? ; h? |
| | CP1/E1(e) Prominent | CP1/E2(e) Prominent | | | | | CP1/E1 Prominente y |

| | | | | | | | |
|--|--|--|------------------------------------|---|------------------------------|--------------------|---|
| | e y nítida | e y difuso | | | | | clara |
| Enlucido con pigmento al fresco | E1(e) ^{194.04-} 254.03 μm -MA ^{85-90%} ; cl5 - I _{10-15%} ; pm2; pg2- PO ^{-5%} ; pe1 E1(e)/CP2 `prominente y nítido E1(e).CP2 19.38 -7.58 μm - PI?;g? | E2(e) ^{64.22 a} 76.30 μm -MA ⁵⁰⁻ 55%;cl3- I _{5-15%} ; pm2; pg2; a2; cb2- PO ^{30-50%} ; ps4 E2(e)/CP2 `prominente y nítido E2(e).CP2 ₃ 78 -14.84 μm. -PI?;g?. | | E2(e) ⁸²⁻ 427.17 μm -MA ⁷⁹⁻ 70%;cl4- I _{20-30%} ; pm3;ph2; pg3; cb1; a1 PO ^{1%} ; pe2 E2(e)/CP2 `prominente y nítido E2(e).CP2 36.36-150.51 μm -PI?;g?;h?. | | | E1(e) ^{74 -392 μm} -MA ^{89-83%} ;cl5- I _{10-15%} ; pm3; pg3; a1; cb1- PO _{1-2%} ; pe2; ps1 E1(e)/CP2 `prominente y nítido E1(e).CP2 ^{89.85-} 13.82 μm-PI?; g5 |
| | E1/E2 Prominente y claro | E2(e)/E3(r)) Borroso y difuso | | E2(e)/E3(r)) prominente y nítido en rfl | | | E1/E2 Perceptible y claro |
| Repellado | E2(r) ^{9.52} -1.22 mm. -MA ^{60-75%} ; cl5- I _{20-30%} ; pm4; ph3; pg3- PO ^{5-10%} ; pe4 E2(r).EI ^{14.} 19 - 0.55 mm -MA ^{50-60%} ; cl3 | E3(r) ^{2.1-} 4.5mm -MA ³⁰⁻ 40%;cl3- I _{50-60%} ; pm4; ph3; pg2; a1; s1;cb1- PO ^{10%} ;pe2; ps2 | | E3(r) ^{9.47 mm} -MA ⁴⁵⁻ 50%;cl3- I ₄₀₋ 50%;pm3; pg3; ph3; a2; s2; cb1- PO ¹⁰⁻ 15%;pe1; ps1 | | | E2(r) ^{22.67 -12.58} mm-MA ⁵⁰⁻ 65%;cl4- I _{30-40%} ; pm4; ph4; pg3; a2; s3; cb2; pl1; co1; pd1- PO ^{5-10%} ; pe4 E2(r).MNM ₇₋ B _{1%} ;al1 |
| | E2(r)/E3(g)) prominente y clara | | | | | | |
| Estuco gris | E3(g) ^{8.64-} 3.3mm ⁻ | | E1(g) ^{6.09 a} 3.23 mm | | E1(g) ^{26.57} mm | E1(g) ⁻ | |

| | | | | | | | |
|--|---|--|---|--|---|---|--|
| | MA _{50-40%} ; cl3- I _{40%} ; pm4; ph3; pg3; a2; cb3; s1 - PO _{10-20%} ; pe3;ps1 | | -MA _{45-50%} ;cl3- I _{40-50%} ; pm4; pg3; ph3; a2; pd1; s2; cb3 - PO _{3-5%} ;pe2;ps1 | | -MA _{40-30%} ;cl3- I _{30-40%} ; pm4; pg4; ph4; a3; s2; cb3; pd2;co1- PO _{20-30%} ;pe3; ps1 E1(r)?;MN M?- B _{1%} ;al1. | MA _{30-10%} ;cl2- I _{20-30%} ; pm4; ph4; pg3; a3; pd2; cb2; pl1- PO _{50-60%} ; pe2;ps5 E1(g)?;MN M-B _{1%} ;al1 | |
|--|---|--|---|--|---|---|--|

Tabla 26: Estratos, fases y componentes de los estucos de la Estructura 2.

La tabla anterior es un resumen de la base de datos y tomando en cuenta ambas, se puede hacer una descripción general de la técnica de manufactura de los estucos en el Edificio 2.

En general la sucesión de estratos consiste en la aplicación de una capa pictórica con espesores de 4-77.22 μm , que ahora se observa discontinua y cuyo cementante es cal en proporciones que no se pudieron evaluar. Estos estratos pueden contener pigmentos azul maya (se observaron conglomerados de pigmento de 44- 48 μm pero la mayoría no es evaluable) o rojo hematita (<2 μm) dispersos en cal y con muy escasas inclusiones de partículas de cristales gruesos (de 6 a 12 μm) y partículas micríticas (de 65.4-10 μm) que estarían en el orden de los limos principalmente con algunas partículas de arcilla muy fina; ocupan en la lámina un área menor a 5% , mientras que el área de la cal y el pigmento no se pudieron definir³⁷. Son muy compactas ya que no contienen poros visibles con el microscopio. Sobre estas capas pictóricas puede haber colocados otros enlucidos y otras capas pictóricas que en general no presentan inclusiones.

Los límites entre todas estas capas y el estrato que le sigue suelen ser prominentes y nítidos.

³⁷ El área ocupada por la cal y los pigmentos no se pudo evaluar ya que los pigmentos finamente molidos (<2 μm) refractan la luz con el correspondiente color en la matriz de cal, por lo que ya no se observa el límite entre pigmentos y cementante, observándose todo como un conjunto uniforme. Cuando los pigmentos tienen fracciones no tan pequeñas, éstas si tienen un límite definido y por lo tanto pueden medirse en el microscopio petrográfico.

Bajo ellas, se encuentran los enlucidos de color blanco brillante que tienen espesores que varían de 427.17-254.02 a 82-64.22 μm ; en general parece que son discontinuos, ya que el límite entre el enlucido y el repellado que en general es perceptible y nítido, a veces se pierde por completo. La matriz de cal ocupa un área de 70-90%, exceptuando en la muestra 2 donde el enlucido está muy deteriorado y comprende un área de 50-55%. Las inclusiones, en general abarcan un área de 10-15%, exceptuando nuevamente a la muestra 2 donde llegan sólo al 5% y el de la muestra 4 que se calculó entre un 20-30%. La mayoría de las muestras contienen como inclusiones lo siguiente: partículas micríticas (de 644.15-20.07 μm , más abundantes de 72.61-147.96 μm), partículas de grano grueso (de 264.12-10 μm , más abundantes de 23.43 a 34.11 μm), arcillas (de 262.35-69.04 μm) y carbón (de 131.33 a 9.05 μm), excepto la muestra 1 que sólo tiene las dos primeras; es decir, las inclusiones del enlucido se encuentran en fracciones de limos a arenas gruesas; siendo más abundantes las arenas muy finas y finas, excepto por las partículas de grano grueso y el carbón que se encuentran principalmente como limos. Así mismo, todas las inclusiones minerales tienen una forma que va de subredondeada a redondeada, excepto las de grano grueso que pueden ser angulares; el carbón siempre es angular. Las partículas micríticas y las de grano grueso se encuentran con una frecuencia de común a escasa, mientras que los bloques de arcillas, el carbón y las partículas heterogéneas se encuentran de manera escasa a muy escasa.

Estos enlucidos tienen una porosidad del 1-5%, exceptuando la muestra 2 en donde la porosidad comprende de 30-50% del área. Los poros más grandes van de 216.93-30 μm ; exceptuando en el caso de la muestra 2 donde miden hasta 1.35 m. En general son vesículas, aunque las muestras 2 y 4 presentan cavidades.

En la parte superior de éstos enlucidos hay un estrato secundario anaranjado y discontinuo, cuyo límite es prominente y difuso, compuesto de arcillas con goethita dispersas en la estructura de los mismos. Estos estratos secundarios miden de 3.48-150.51 μm ; en general no se puede medir el tamaño de las partículas de pigmento ya que son <2 μm , pero en la muestra 10 hay partículas que van hasta las 78.09 μm .

Bajo el enlucido se encuentra una capa de repellado blanco que varía de 22.67-1.2mm, aunque hay que tomar en cuenta que muchos son fragmentos desprendidos, por lo que no representan el espesor total. La muestra 10, que si contempla el grosor total de esta

capa (22.67 mm) fue tomada de una sección plana, por lo que habría que agregarle de 20-30 mm a las secciones con relieve.

La matriz de cal varía de 50-65% exceptuando en las muestras 2 y 4 donde es del 30-45%, hay que recordar que son fragmentos muy pequeños y que sólo presentan la parte superior de los estucos.

Las inclusiones varían de 30-40% excepto en las muestras 2 y 4 que van de 40-60%. Las inclusiones son principalmente partículas micríticas (10.18mm-13.78 μm , abundantes 100-638.38 μm), partículas heterogéneas (4.11mm-61 μm , abundantes 253.83-170 μm y 1.28mm-613.23 μm) y partículas de grano grueso (1.33mm-13.13 μm , abundantes 509.25-150 μm). Las partículas micríticas y heterogéneas son de abundantes a comunes, mientras que las de grano grueso van de comunes a escasas. Las arcillas (616.15-55.21 μm , abundantes de 544.04-212.62 μm) y el carbón (285.344.5 μm , abundantes 19.19-10.47 μm) varían de escasos a muy escasos y las partículas edáficas (347.64-96-71 μm , abundantes 96.71-136.89 μm) varía de escaso a común (en la muestra 10).

Por otro lado, en la muestra 10 que es la más conservada y de mayor tamaño también se pudieron encontrar conchas (181.49 μm), tejidos vegetales (2.39mm-451.74 μm) y pedernal (571.97-73.18 μm), todo con una frecuencia muy escasa. La porosidad varía de 5-15%, los poros estructurales (más grande 2.89mm) se encuentran abundantes; mientras que las cavidades (más grandes 1.01mm) son escasas. Podemos ver que las inclusiones varían desde gravillas finas a limos, aunque lo que abunda son arenas finas y medias. Cabe mencionar que muchas de las inclusiones heterogéneas son estucos reutilizados que pueden distinguirse por tener dos capas pictóricas, una anaranjada sobre la que se colocó una roja intensa.

La muestra 1 tiene un estrato secundario en la parte superior del repellado, esta capa se distingue por el deterioro de la misma ya que se ha perdido parte de la matriz de cal que va de la parte sana de 65-50% a la parte deteriorada 45-50%.

Bajo el repellado blanco hay una capa de repellado grueso y gris que mide de 26.57-3.3mm, aunque no se pudieron tomar muestras con el grosor completo del repellado ya que es muy friable. La matriz calcárea está entre un 30-50%, excepto en el caso de la muestra 9 que está muy pulverulenta y deteriorada y cuenta con un 30-10%.

Las inclusiones van de 30-50% exceptuando a la muestra 9 que tiene de 20-30%, Las inclusiones de partícula micrítica (11mm-21.85µm , abundantes 364.11µm -1.45mm) se encuentran en abundancia; las heterogéneas (3.06mm-50µm, abundantes de 300µm -1.19mm) y de grano grueso (7.5mm-14µm, abundantes 382.59µm-1.03mm) varían de abundantes a comunes. El carbón (920-9µm, abundantes 11-111.86µm) es común excepto en la muestra 9, las arcillas (4.83mm-60µm , abundantes 150-864µm) varían de comunes a escasas y las partículas edáficas (659.02-30µm, abundantes 55-334µm) y el pedernal (898.95-94.81µm, abundantes 94.81-414.28µm) tienen una frecuencia escasa a muy escasa. Las conchas (453.20µm) y el material vegetal (247.66µm) son muy escasos. Las fracciones encontradas en las inclusiones van de gravillas a limos, sin embargo, estos últimos son muy escasos; las granulometrías más abundantes son de arenas muy gruesas a arenas medias. Es de resaltar que varias de las partículas heterogéneas son estucos reutilizados.

La porosidad varía entre un 10-30% excepto en el caso de la muestra 9 que va de un 50-60%. Los poros estructurales son comunes (la vesícula más grande mide 3.2mm, y el plano o grieta más grande mide 12.27 mm). Los poros secundarios son muy escasos (la cavidad más grande mide 3.8mm) excepto en la muestra 9 donde son dominantes.

Las muestras 5 y 9 tienen un estrato secundario en el repellado gris que está compuesto por microorganismos dispersas en los poros y en los perímetros de las muestras. Son muy escasas y son algunas planas y otras redondeadas, su color es anaranjado rojizo.

Proporciones entre cementante e inclusiones

| | Capa pictórica | | Enlucido | | Repellado | | Repellado gris | |
|-----------|-----------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| M1 | MA? PI? I2% | No se puede | MA87.5% I12.5% PO5% | 1:0.14:0.05 | MA67.5% I25% PO7.5% | 1:0.37:0.11 | MA45% I40% PO15% | 1:0.88:0.33 |
| M2 | MA? PI? I5% | No se puede | MA35% I55% PO10% | 1:1.57:0.28 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| M3 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | MA47.5% I45% PO4% | 1:0.99:0.08 |
| M4 | ----- | ----- | MA74.5% | 1:0.33:0.01 | MA47.5% | 1:0.94:0.26 | ----- | ----- |

| | | | I25% PO1% | | I45% PO12.5% | | | |
|------------|------------|----------------|---------------------------|-------------|--------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| M5 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | MA35% I35% PO25% | 1:1:0.71 |
| M9 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | MA20% I25% PO55% | 1:1.25:2.75 |
| M10 | MA? PI? | No se puede | MA86% I12.5% PO1.5% | 1:0.14:0.01 | MA57.5% I35% PO10% | 1:0.60:0.17 | ----- | ----- |

Tabla 27: Proporciones de los estucos en el Estuco 2.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

SOBRE LAS INCLUSIONES

Es de gran importancia tratar de distinguir la proveniencia de las inclusiones dentro de los estratos en las mezclas de cal porque éstas pueden pertenecer a la pasta de cal apagada, ser partículas agregadas accidentalmente durante alguno de los procesos de realización, ser cargas propiamente dichas (es decir que se agregaron con intención) o neoformaciones provocadas por procesos de intemperismo.

Las inclusiones carbonatadas, que son las más abundantes, además, son las más difíciles de analizar, ya que tanto las cargas como la matriz están conformadas por calcita; sin embargo, algunos de sus rasgos particulares pueden ayudar a sugerir proveniencias.

Para empezar, es claro que la matriz micrítica que rodea a todas las inclusiones está formada por la carbonatación de la cal apagada, no obstante dentro de las inclusiones en las lámina petrográficas es posible distinguir algunas partículas que no prosiguieron el curso normal del ciclo de la cal y que por lo tanto podrían haberse formado al hacer la pasta de cal: las clases 4, 5 y 6. Partículas parecidas y con las mismas características ópticas que la clase 4 fueron identificadas por Villaseñor (2010:205) como grumos de cal (*lime lumps*). Por otro lado, Guillot (2015) sugiere que inclusiones parecidas a la clase 6 pueden ser grumos de cal pero contaminados con cenizas y restos de carbón. Por las características de algunas de las inclusiones encontradas en este trabajo, que son partículas compuestas por microesparita, también se puede sugerir que son fragmentos de roca mal calcinados que se han saturado de partículas de hollín. Otra posibilidad es que sólo se trate

de fragmentos con secciones de micrita con relieve óptico mucho más alto que el circundante.

Las categorías 1 y 3 de Guillot (2015) son similares a la clase 5 de este trabajo; se identifican como posibles piedras que no se calcinaron por completo y que se fracturaron por la decarbonatación durante la cocción, aunque, también podrían ser grumos de cal viva que no se apagaron adecuadamente o que no se mezclaron bien durante el mezclado.

La clases 3, sin duda, pertenece a los caliches de la región ya que están formados por micrita estratificada con algunas secciones muy porosas. La clase 1 formada esencialmente por micrita peloidal y la clase 2 formada por fragmentos de micrita con poros de gran tamaño rellenos de calcita acicular así como las partículas heterogéneas con matriz micrítica y partículas microesparíticas y esparíticas “flotando” o en estratos, también pudieron formar parte de estos caliches ya que coinciden con la descripción de Scholle *et al.* (1989:168) aunque podrían ser también granos de sascab ya que éste se compone de material alterado de las calizas parentales. Muchas veces tienen óxidos de hierro dispersos en la matriz micrítica que los dotan de un matiz anaranjado o de manchas localizadas rojas.

Así mismo, los carbonatos de grano grueso, que están formados por calcita y no por dolomita como podría pensarse (excepto en el caso de las muestras de Plaza Pom), tienen rasgos de disolución o hierro disperso en sus cristales con frecuencia (ver Il.38). Ello indica que son materiales intemperizados que además estuvieron expuestos a la precipitación o iluviación de óxidos de hierro provenientes de horizontes superiores parecidos a los procesos pedogenéticos descritos por Cabadas *et al* (2010) y Sedov *et al.* (2008).

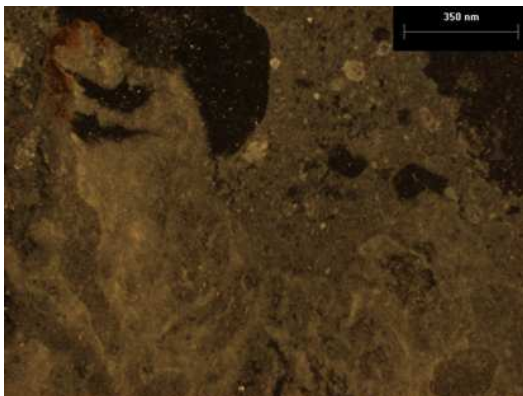


Ilustración 94: Inclusión carbonatada con óxidos de hierro. Fotografía: Luisa Straulino.

En la parte superior izquierda se nota una sección con óxidos de hierro dispersos en la estructura de una inclusión carbonatada.

En esta micrografía de los estucos del interior de la Pequeña Acrópolis, se observa que la mayoría de las inclusiones son de grano grueso. Éstas podrían tratarse de dolomita, pero la difracción de rayos X indica que no existe este mineral en las muestras de esta sección, por lo que están compuestos de calcita.

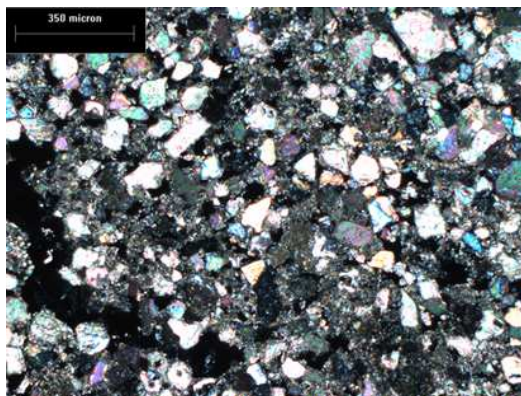


Ilustración 95: Muestra 14. Estuco con inclusiones de grano grueso. Fotografía :Luisa Straulino

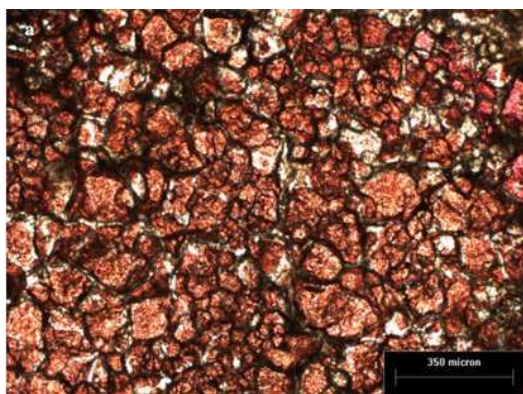


Ilustración 96: Roca dedolomitizada. La dolomita ha sido sustituida por calcita. Tomada de Straulino 2010:135.

Roca del sitio de Río Bec. La lámina delgada está teñida con alizarina las secciones teñidas indican que están constituidas por calcita; sin embargo, dado que hay secciones no teñidas se asume que la roca estaba formada por dolomita. Así, la roca habría sufrido un proceso de dedolomitización y los cristales ahora serían pseudomorfos de calcita.

Un caso particular lo constituyen los estucos de los paramentos internos de la Pequeña Acrópolis donde las inclusiones de grano grueso son las dominantes. Estas partículas tienen bordes angulosos y frescos y no es común que presenten rasgos de

disolución (II.95). Esto podría señalar que estas inclusiones sí pertenecen a una formación rocosa y no a alteritas como las anteriores. Lo que parece más probable, aunque deberían hacerse estudios de tinción con alizarina para comprobarlo, es que se trate de fragmentos de roca dolomítica que han pasado por un proceso de dedolomitización, este tipo de rocas se han encontrado en otros sitios como Río Bec (véase Straulino, 2010) (II.96). Por otro lado, los estucos de Plaza Pom si contienen dolomita que puede provenir tanto de estratos rocosos como de granos que forman parte de las alteritas antes mencionadas. La presencia de dolomita o de pseudomorfos de calcita en fragmentos dedolomitizados no sería extraño ya que la formación Estero-Franco sobre la que se encuentra asentado Dzibanché está formado por calizas y dolomías (Carta Geológica Minera Chetumal E16-4-7) (II.1).

Ahora bien, algunas arcillas (las más puras) y el cuarzo (cristalino o criptocristalino) pudieran pertenecer a los elementos alóctonos de las rocas utilizadas (véase Straulino, 2010) como puede observarse en algunas inclusiones heterogéneas en los estucos con este tipo de partículas en su composición; pueden formar parte de la composición de las alteritas e incluso están presentes en el suelo. Con los análisis que se han llevado a cabo hasta ahora se determinó que ninguna de las arcillas o del cuarzo presentan zonas de reacción hidráulica por lo que puede decirse que al menos las arcillas no se activaron térmicamente durante la cocción. Así que parece una posibilidad distante el que las arcillas presentes provengan de la roca con la que se fabricó la cal. Podrían haber formado parte de las cargas carbonatadas que se adicionaron o podrían ser parte del suelo, sobre todo las que tienen manchas de óxidos de hierro (horizonte B o C) (II.97).

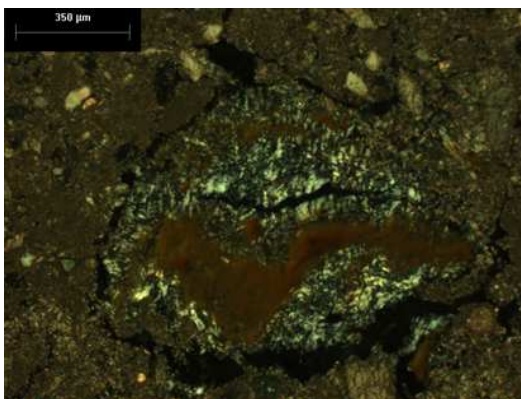


Ilustración 97: Arcilla con óxidos de hierro. Muestra 19. Nicoles cruzados y luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino

En esta micrografía se observa una arcilla con óxidos de hierro dispersos en su estructura. La micrita a su alrededor parece no haber sufrido cambios por lo que puede decirse que no hubo reacción hidráulica.

Es muy probable que los fragmentos de concha y las partículas edáficas (posiblemente horizonte A por la gran cantidad de carbón y un tinte pardo debido al humus) se hayan adicionado accidentalmente a las mezclas al batirlas directo sobre el suelo. Ninguna de estas inclusiones está en cantidades suficientes como para pensar en que se colocaron de manera intencional y además muchas de las conchas presentan diversos efectos de intemperismo o capas de suelo en su superficie, indicando que formaron parte del manto edáfico y no que fueron molidos con la finalidad de agregarlos intencionalmente a las mezclas.

Así, los datos parecen sugerir que las inclusiones que pertenecen a la categoría de cargas fueron extraídas de materiales carbonatados, sobre todo alteritas, y que en la mayoría de los casos éstos formaban parte del material parental en contacto con el horizonte B de los suelos rojos de la región, es decir, formaban parte de la región superior del horizonte C. El horizonte B superior, arcilloso y con una gran cantidad de óxidos de hierro, pudo haber sido usado para obtener pigmentos y/o material para cerámica. En el caso de los muros interiores de la Pequeña Acrópolis se escogió un material carbonatado más duro y sin tantas alteraciones por intemperismo para esas secciones en particular, pudiéndose tratar de rocas molidas para tal fin.

La presencia de carbón es más desconcertante en tanto que las capas pictóricas y los enlucidos no tienen carbón en ningún caso, los repellados gruesos y algunos repellados medios tienen una gran cantidad del mismo, sobre todo los que se encuentran en las jambas de la Pequeña Acrópolis y el repellado externo inferior. El carbón se encuentra en tal cantidad, en estos últimos, que es poco probable que se haya agregado accidentalmente; quedan, entonces, dos opciones: o no se separaron las cenizas de la caliza quemada al apagarse, o después de apagar la cal, el carbón fue agregado como aditivo. La primera opción implicaría un ahorro energético al no separar las cenizas de la cal viva para realizar las capas de estuco que no iban a estar a la vista, posiblemente utilizando las piedras de cal viva superiores para repellados que requerían ser más blancos, o para los enlucidos y capas pictóricas que no tienen carbón. La segunda opción tampoco es improbable; se ha encontrado en la literatura europea que el uso de carbón de madera como agregado no es excepcional. Las cenizas de todo tipo de maderas se utilizaban en la fabricación de morteros que se exponen sucesivamente a ambientes húmedos y secos (Coutelas, 2003:84).

No obstante una fracción del carbón localizado puede provenir del suelo y por consiguiente estar agregado de manera accidental.

Por otro lado, la hematita, la limonita y la goethita son minerales formados por óxidos de hierro que están presentes en los suelos rojos de la región (Sedov *et al.* 2008, Cabadas *et al.* 2010). Su constante asociación con arcillas hace pensar en que los mayas de Dzibanché sabían aprovechar los suelos (sobre todo horizontes B) para obtener pigmentos útiles.

Cabe mencionar que con la pura hematita es posible obtener diferentes matices de rojos ya que el tamaño de partícula influye en su color. De 1.5-5 μm da un color guinda, de 0.1-0.5 μm da un color rojo y <0.1 μm da colores anaranjados. Las partículas cristalinas más gruesas, >5 μm , son de color gris, y a veces tan oscura que parecen negras (Catling y Moore 2003:279). Esta es la razón detrás de la gran gama de rojos encontrados en las capas pictóricas.

Por otro lado, la hematita especular y la paligorskita del azul maya son minerales con un origen geológico distinto al ambiente de Dzibanché.

La hematita especular, o especularita, es una forma cristalina de óxido de hierro que tiene placas exagonales imbricadas con un lustre metálico plateado. Las caras de estos cristales tienen una apariencia de “espejo” ya que el ángulo de incidencia de la luz es igual al ángulo de reflexión (Catling y Moore 2003:279). Es importante considerar respecto a lo anterior que éste mineral sólo se encuentra en los repellados o relieves donde incide la luz (no se encuentra en los estucos internos) por lo que puede suponerse que los mayas en Dzibanché aprovecharon la capacidad de este mineral de reflejar la luz para que sus paredes externas brillaran con el reflejo del sol. Ahora bien, la formación de hematita especular requiere de procesos térmicos para su formación sobre todo hidrotermales o metamórficos con temperaturas mayores a 100°C. Estos procesos convierten los óxidos de hierro rojos microcristalinos o amorfos en hematita con cristales grandes (Catling y Moore, 2003).

Se han identificado siete yacimientos o minas prehispánicas en las que se infiere se extraía piritita junto con otros minerales, como hematita. Estos lugares son Chalchihuites, la Sierra Gorda de la Huasteca, la cuenca del Río Balsas en Guerrero, Huehuetenango, Aguacatán y Quetzaltenango en Guatemala, así como Cockscom Mountains en Belice

(Melgar et al, 2014; Weigand, 1968). En otros trabajos también se mencionan minas donde probablemente la hematita fuera el mineral buscado en Las minas de turquesa de Canyon Creek, Arizona (Welch, 1991); no obstante, en ninguno de estos trabajos se menciona la presencia de hematita especular. Donde sí se menciona la presencia de especularita y hematita es en el artículo de Backes *et al.* (2012) donde se explora la proveniencia de la hematita en la pintura de la cerámica olmeca incisa. Este trabajo puntualiza que este mineral es común en los sedimentos del Cenozoico y domos salinos de la región de la Costa del Golfo; así las fuentes de hematita explotadas en el Preclásico olmeca estuvieron cerca de Almagres, en el Palotal (ambos, aún, grandes yacimientos, Martínez *et al.* 2005) y en los cerros Colorado, de la Encantada y del Manatí. Se dice que el contenido de hematita, especularita y limonita de estas fuentes varía de 30-50%. Se puntualiza por otro lado que no hay fuentes prehispánicas conocidas en el Soconusco aunque se sabe que si existe hematita en Chiapas. Entonces, se puede observar que la información a cerca de fuentes prehispánicas de hematita en el Clásico es sumamente escasa.

El azul maya se fabrica a partir de paligorskita e índigo. Aquella se forma a partir de la alteración de ceniza volcánica en un ambiente marino somero y rico en magnesio. Aunque son muchos los depósitos de paligorskita en la península, generalmente son accesibles sólo con métodos modernos y quedan al descubierto, por ejemplo, en cortes de carreteras (Krekeler y Kearns, 2009). Los únicos depósitos reconocidos culturalmente por los habitantes del área maya como provisión para este mineral son el cenote de Sakalum y el yacimiento de Yo'Sah Kab ambos cerca de Ticul (Arnold, 2005; Arnold *et al.* 2012).

Revisando lo anterior, se puede decir, entonces, que la hematita especular y el azul maya, o al menos la paligorskita provenían de importación e intercambio de mercancías y pueden dar indicios de algunas rutas de comercio. Hasta ahora las únicas fuentes reconocidas de explotación prehispánica de la paligorskita están en el norte de Yucatán, mientras que la especularita se forman por procesos hidrotermales o metamórficos en ambientes volcánicos, por lo que podrían provenir de las Montañas de Belice o Guatemala, o regiones más al norte de la península de Yucatán como la Costa del Golfo, el Altiplano Central o incluso más lejos donde se sabe de su existencia en la actualidad (Magaloni, 1998; Vázquez, 2007).

Por otro lado, revisemos una tabla en donde se resume la frecuencia de las inclusiones en los diferentes estratos de las muestras.

| Ubicación | Enlucido | | | | | | | | |
|--------------|----------|----|-----|---|-----|----|----|----|----|
| | pm | ph | pg | a | cb | pd | co | pl | ss |
| Jambas | 2.5 | 1 | 3 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| Externo sup | 3 | 1 | 2 | - | - | - | - | - | - |
| Externo inf | 2 | 1 | 2 | - | - | - | - | - | - |
| piso | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | - |
| internos | 2 | - | 5 | - | - | - | - | - | - |
| Jambas sur | 3 | - | 2 | 1 | - | - | - | - | 1 |
| Jambas norte | 3 | - | 2 | 1 | 1.5 | - | - | 1 | 1 |
| Plaza Pom | 3 | 1 | 3 | 1 | - | - | - | - | - |
| Edificio 2 | 2.5 | 1 | 2.5 | 1 | 1 | - | - | - | - |

Tabla 28: Frecuencia de inclusiones en enlucidos.

| Ubicación | Repellado medio | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|----|----|-----|----|-----|----|----|-----|
| | pm | ph | pg | a | cb | pd | co | pl | s |
| jambas centrales | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| Externo sup | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | - | 1 | - | 2 |
| Externo inf | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| piso | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | - | - | - | - |
| internos | 3 | 2 | 5 | 3 | 1 | 1 | - | 1 | 1 |
| Vano norte | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | - | 1 | 1 | 3 |
| Interno sur | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | -- | - | - | - |
| jambas sur | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Plaza Pom | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1.5 | 1 | 1 | 2 |
| Edificio 2 | 4 | 3 | 3 | 1.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2.5 |

Tabla 29: Frecuencia de inclusiones en repellado medio

| Ubicación | Repellado grueso | | | | | | | | |
|--------------|------------------|-----|----|-----|----|-----|----|----|-----|
| | pm | ph | pg | a | cb | pd | co | pl | s |
| Interior sur | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | - | 2 | - | 3 |
| Edificio 2 | 4 | 3.5 | 3 | 2.5 | 3 | 1.5 | 1 | 1 | 1.5 |

Tabla 30: Frecuencia de inclusiones en repellado grueso.

A partir de las tablas se puede notar que tanto el pedernal como las conchas se encuentran con frecuencias tan bajas que sería difícil que los análisis con DRX revelaran su presencia, así la ausencia de picos de cuarzo en los difractogramas no necesariamente quiere decir que no existen, sino que están como trazas. La concha es algo más difícil, ya que puede estar constituida por aragonita o por sus pseudomorfos de calcita; en cualquier caso los análisis de DRX no resultarían muy útiles para localizarlas, ya que al estar en muy bajas proporciones si estuviera aún constituida por aragonita, ésta sería sumamente difícil de detectar, y por otro lado, si están constituidas por sus pseudomorfos, no es posible distinguir la calcita de los otros tipos de inclusiones y la matriz.

También es imposible distinguir las partículas edáficas en DRX (de estar en concentraciones suficientes) ya que al estar compuestas de diversos minerales los difractogramas señalarían cada uno por separado y estos son iguales a los de las otras inclusiones; es decir, las partículas edáficas están compuestas principalmente por arcillas y carbonatos que se encuentran, también, como partículas individuales formando parte de las inclusiones.

La técnica de observación petrográfica, entonces, se muestra irremplazable para la identificación de los componentes de los estucos.

En otro orden, se puede decir que los enlucidos tienen únicamente inclusiones carbonatadas y una que otra partícula diferente, que debido a su baja frecuencia es posible que se haya agregado de manera accidental.

En los repellados se nota un grupo que tiene una elevada cantidad de carbón (que los hace blancos grisáceos macroscópicamente) y que corresponden a las jambas de la Pequeña Acrópolis y al estuco externo inferior; esta característica puede indicar que son de

la misma época. Los repellados gruesos también tienen abundantes fragmentos de carbón. Es posible que estas inclusiones se encuentren en estos casos de manera intencional en las mezclas como una forma de ahorrar energía al no tener que limpiar la cal o como un aditivo colocado para cambiar las propiedades de las mezclas de cal o incluso una mezcla de ambas razones.

La diferencia de cantidad de carbón entre estratos y entre mezclas de cal en diferentes ubicaciones arquitectónicas parece demostrar, además, que tenían alguna forma efectiva y eficiente de separar el carbón de la mezcla, y que en el caso de encontrar hoy en día partículas abundantes corresponde una acción deliberada; no obstante, la intención permanece desconocida. Por otro lado, el revoco externo superior tiene un repellado de color blanco parecido al de los estucos internos y el del piso. Estas diferencias se deben posiblemente a la función arquitectónica de cada mezcla de cal en el edificio.

Es evidente, a partir del análisis de las tablas, que los estucos internos tienen una gran cantidad de calcita de grano grueso en comparación a los demás, lo que posiblemente también se relacione con su ubicación en el edificio. Al estar resguardados por las bóvedas, los estucos pueden tener menos cantidad de cementante y no se alterarán tan rápido por no estar expuestos a la disolución por el agua de lluvia, aunque cuando se pierden las cubiertas son mucho más sensibles a deteriorarse con mayor rapidez que el resto por la misma causa.

Se observa que las inclusiones en los repellados y el repellado grueso son más o menos las mismas y con la misma frecuencia por lo tanto la diferencia debe estar en el tamaño de fracción representado. Veamos la tabla siguiente:

| Fracciones en los diferentes estratos | | | |
|--|--|--|-------------------------|
| Ubicación | Estrato | | |
| | Enlucido | Repellado | Repellado grueso |
| Jambas centrales | Arenas medias a limos +arenas muy finas y limos | Gravillas finas a arenas muy finas +arenas gruesas a arenas muy finas | |
| Repellados externos | Arenas medias a limos +arenas finas y limos | Gravillas finas a limos +arenas gruesas a arenas finas | |
| piso | +limos | Gravillas finas a limos +gravillas a arenas muy | |

| | | | |
|---------------------|---|--|--|
| | | finas | |
| internos | Arenas medias a limos +limos | Gravillas a limos +arenas muy gruesas a arenas finas | |
| Vano sur | Gravillas finas a limos +arenas finas a limos | Gravillas finas a limos +arenas muy gruesas a arenas muy finas | |
| Interior sur | | Gravillas finas a limos +gravillas a arenas finas | Gravillas a limos +gravillas a arenas medias |
| Jambas norte | Arenas medias y limos +arenas finas y muy finas | Gravillas finas a limos +arenas muy gruesas a finas | |
| Plaza Pom | Arenas medias a limos +arenas finas | Gravillas finas a limos +arenas muy gruesas a finas | |
| Edificio 2 | Arenas gruesas a limos +arenas finas a muy finas | Gravillas finas a limos +arenas medias y finas | Gravillas a limos +arenas muy gruesas a arenas medias. |

Tabla 31: Fracciones en los diferentes estratos.

En general, se puede desprender de estos datos que la granulometría de las inclusiones va aumentando según el grosor del estrato. Esto indica que los mayas de Dzibanché tenían un método para tamizar las cargas (aunque las partículas más pequeñas, limos y arenas muy finas, se encuentran en cualquier estrato). Esto podría indicar que el tamizado sólo determinaba cuál era la partícula mayor que se requería dejando pasar, además, las más pequeñas.

El análisis de resultados también muestra que el uso de inclusiones finas en estratos con cargas gruesas ayuda a que los espacios entre ellas y la matriz de cal se rellenen y por lo tanto la cal no se contraiga tanto como si sólo hubiera cargas gruesas. Por otro lado también disminuyen los espacios vacíos generando morteros menos porosos, lo contrario a esto se puede observar en los repellados de los muros internos del Edificio este de la Pequeña Acrópolis donde las cargas no son tan finas y la porosidad es más alta que en los demás estucos.

SOBRE LAS PROPORCIONES Y LA APLICACIÓN DE COLOR

Ahora bien, la relación entre las fases de los estucos se analizará por medio de diagramas ternarios separándoles por estratos, lo que dará luz sobre los procesos técnicos y no sólo sobre su composición interna.

ENLUCIDOS

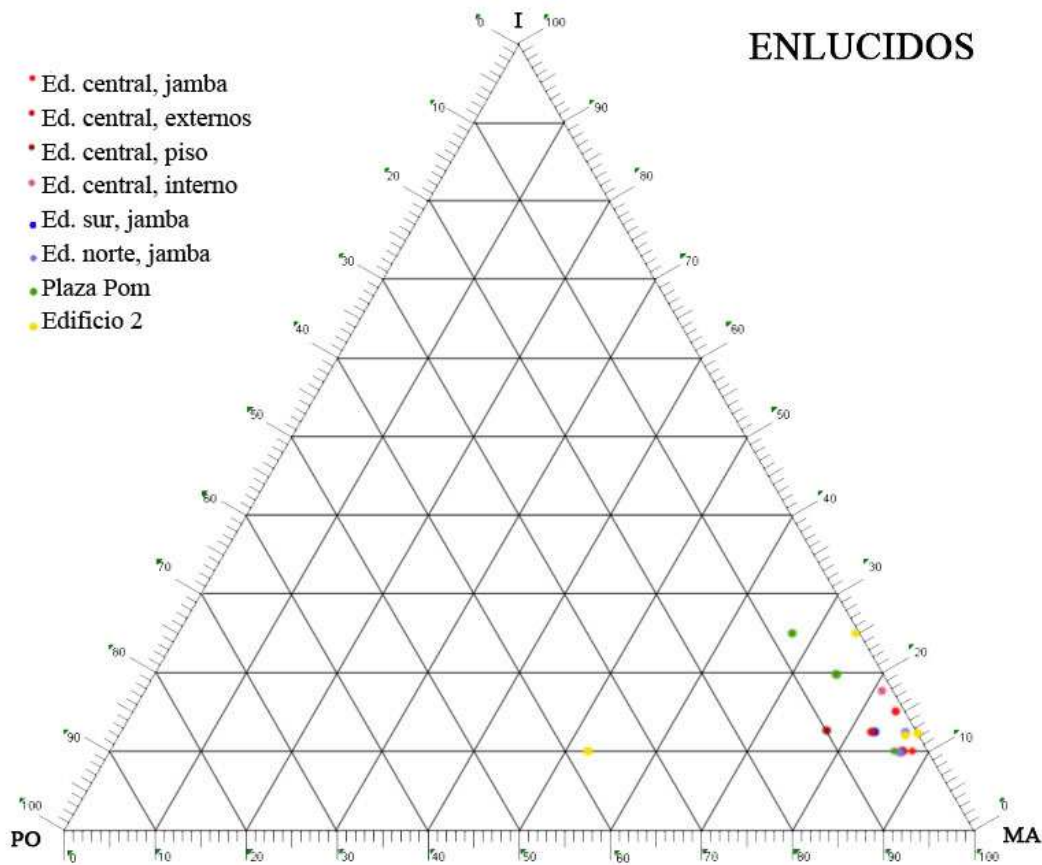


Ilustración 98: Diagrama ternario de porcentajes en el enlucido: PO:porosidad, MA: matriz, I: inclusiones.

Como se puede observar en la ilustración 98, los porcentajes normales (11/16) están entre 10-20% de inclusiones, 80-90% de matriz y 0-5% de porosidad; sin embargo, de este grupo todavía se puede hacer un subgrupo donde la mayoría de las muestras, casi la mitad (7/16) están en 10-12.5% de inclusiones, 86-89% de matriz y 0-4% de porosidad.

Las excepciones corresponden a la muestra del piso, 2 muestras del Edificio 2 y 2 muestras de Plaza Pom. La muestra más alejada corresponde a la muestra 2 del Edificio 2 que tiene un enlucido muy deteriorado. Esto se debe a la disolución de la matriz favoreciendo la concentración de las inclusiones, de igual modo la muestra del piso tiene un enlucido muy deteriorado por microorganismos .

La diferencia de proporciones en el piso puede responder a la diferencia de funciones de los estucos, mientras los otros puntos fuera del área normal podrían responder a un batido irregular de la mezcla con concentraciones de inclusiones en ciertas áreas.

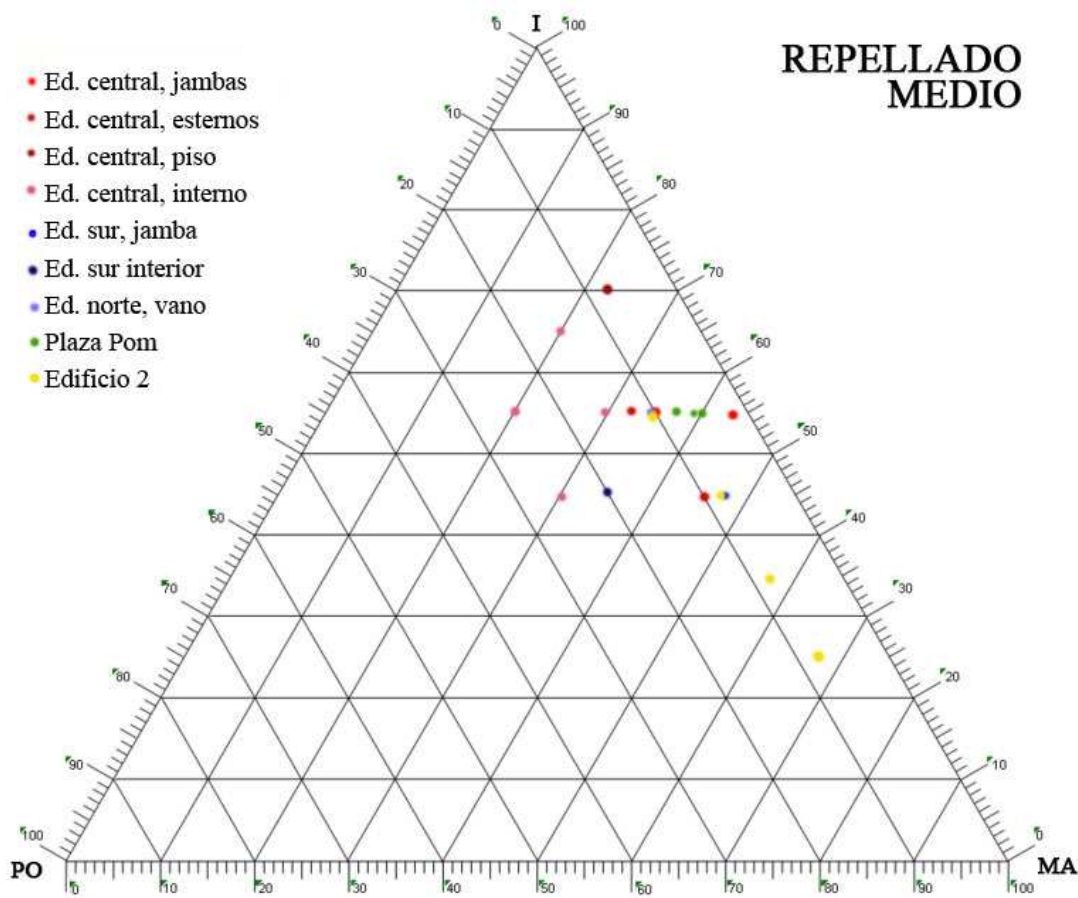


Ilustración 99: Diagrama ternario de porcentajes en repellados. PO: porosidad, MA:matriz, I:inclusiones.

Este diagrama (Il.99) muestra proporciones mucho más diversas y dispersas que el anterior. La mayoría de las muestras (13/19) se encuentra en una proporción de 45-55% de inclusiones, 30-48% de matriz y 2-20% de porosidad. Hay además un grupo numeroso (10/19) que tienen 55% de inclusiones mientras otro grupo (5/19) tienen 45% de ellas. Las diferencias estriban mayormente en la cantidad de cal y de poros que tienen.

Las muestras que más se desvían son las del piso con 70% de inclusiones y 2 del Edificio 2. La desviación de la muestra de piso se debe a que tiene una mayor cantidad de cargas por su función y las diferencias del edificio 2 pueden responder a un batido irregular de la mezcla.

Por otro lado hay otro grupo formado por las muestras de paramentos internos (tanto del muro central como del sur) que en general tienen menos cal y más poros. La diferencia de proporciones está dada probablemente por la diferencia de funciones, estos estucos, estaban protegidos por las bóvedas del edificio por lo que podían tener una mayor cantidad de cargas en detrimento del cementante. Además, la porosidad puede ser más alta que en los demás estucos debido a que sus cargas tienen inclusiones mayoritariamente angulares a subangulares, en comparación con los demás que van de subangulares a redondeadas. Dentro de este grupo hay dos subgrupos, uno que tiene 20% de matriz (muro 29 oeste, muestras 14 y 15) y otro que tiene 30% (muro 31 oeste, muestras 18 y 19) esto puede ser indicativo de que los muros se repellaron con mezclas de cal hechas en momentos diferentes o por manos diferentes.

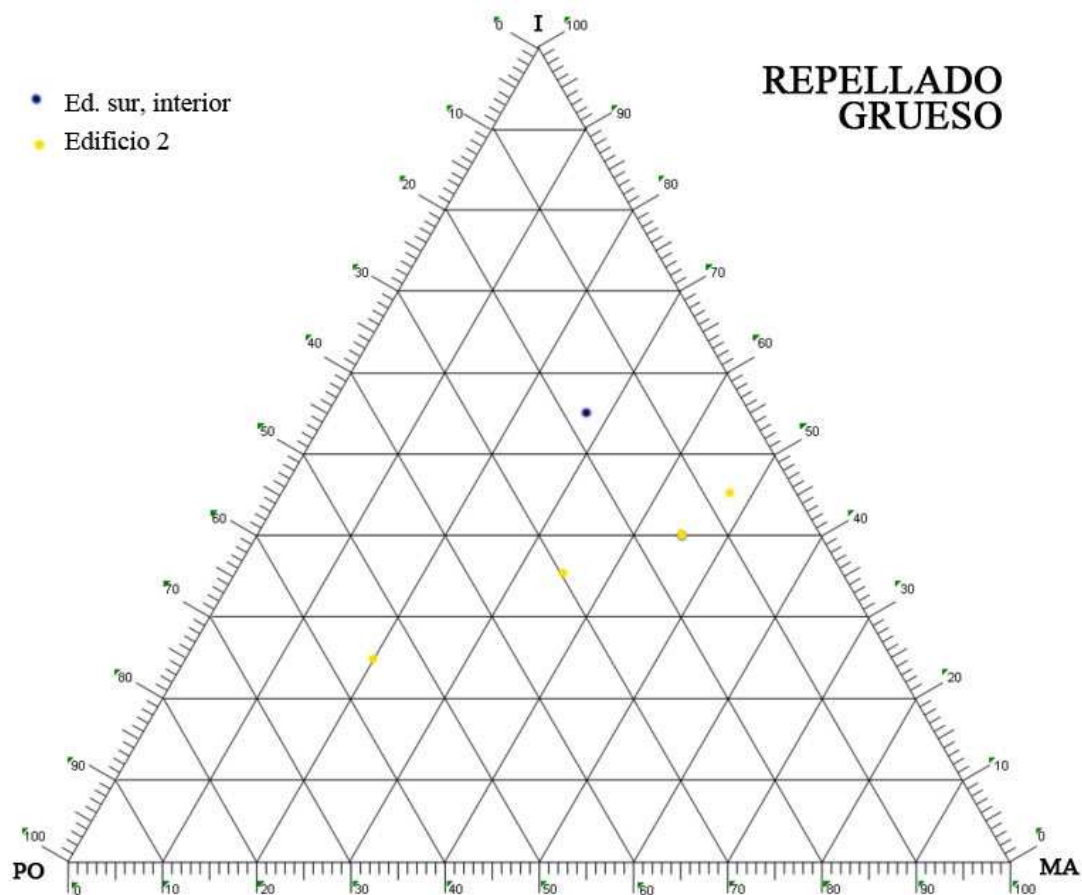


Ilustración 100: Diagrama ternario de proporciones en repellados gruesos. PO:porosidad, MA:matriz, I:inclusiones.

Se puede notar en la ilustración 100 que los repellados gruesos son los más diversos en sus proporciones, de hecho no se pueden agrupar. Eso indica que la mezcla es sumamente heterogénea.

Por otro lado, las técnicas para dar color, se dividen en dos: al fresco y falso fresco. Para determinar el modo de aplicar el color es de gran ayuda la identificación de las características de los límites en el microscopio petrográfico.

En las capas que se pintaron al fresco, el pigmento es un estrato secundario del enlucido, donde se observan las partículas coloreadas dispersas en sólo un fragmento del espesor de la cal (Il. 101). El mecanismo implica la difusión del pigmento en la matriz de cal, proceso que está controlado por la presión del agua hacia la superficie por lo que el límite inferior de la difusión del pigmento no corresponderá con ninguna de las superficies (ni inferior ni superior) del enlucido. Así el límite será prominente pero difuso (partículas de color diferente al de la matriz que lo hace prominente pero con partículas difusas en la matriz)³⁸.

El falso fresco implica un proceso de depósito de un material distinto (mezcla de cal con pigmento) sobre el enlucido o repellado. Esto implica que el límite superior de la capa nueva coincide más o menos con el límite superior de la capa inferior. Además el límite es prominente y nítido, es decir, ninguna partícula de la nueva capa se difundirá en la matriz de la anterior. Todas las capas pictóricas al falso fresco están sobre una anaranjada aplicada al fresco y tienen una gran cantidad de hematita además de inclusiones distintas a las del enlucido; la presencia de estas partículas puede deberse a que deliberadamente se colocaron como cargas o a que estaban también en la fuente de aprovisionamiento del pigmento. La excepción es el enlucido coloreado de la muestra 14 (muro interno del edificio este) en donde directo en el enlucido se mezclaron algunas partículas de hematita que le dan un característico color rosado (Il. 102).

³⁸Diana Magaloni (1996:36) dice con respecto a la identificación de la técnica de aplicación de los colores: “Cuando se pinta sobre un enlucido de cal completamente seco...la consistencia líquida del aglutinante así como su composición química, hace que la suspensión de pintura penetre por capilaridad en las porosidades del muro. Por el contrario, cuando se pinta sobre un enlucido de cal húmedo los pigmentos quedan en superficie, y serán fijados por el proceso de fraguado de la cal.” Las diferencias visibles entre está y la descripción que se da en este trabajo para identificar las técnicas pictóricas se deben al método de análisis; Magaloni utiliza secciones transversales estudiadas en microscopio óptico lo que deriva en esas observaciones, mientras que en este trabajo se utilizan láminas delgadas que dan información crucial sobre la distribución de las partículas de pigmento en las matrices.

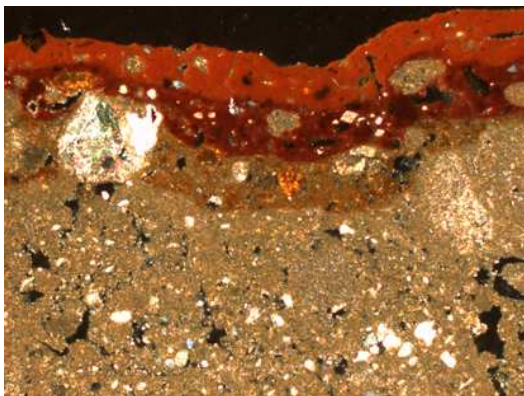


Ilustración 101: Capas pictóricas de la muestra 6. Luz reflejada y Nícoles cruzadas. Fotografía: Luisa Straulino.

En esta micrografía de la muestra 6 se observan tres capas pictóricas. Como se observa la primera, anaranjada, tiene las partículas de color dispersas en el enlucido. Las otras dos que se superponen son completamente diferentes y tienen un límite definido con la inferior, por lo que puede decirse que están hechas al falso fresco.

En la micrografía se pueden ver partículas rojas diminutas que corresponden a la hematita dispersa en la estructura del enlucido de la muestra 14. Éstas dan su peculiar color rosa al enlucido de los estucos internos de la Pequeña Acrópolis.

En la parte inferior se observa que varias están ordenadas en una línea más o menos horizontal que marca el límite entre el repellado y el enlucido.

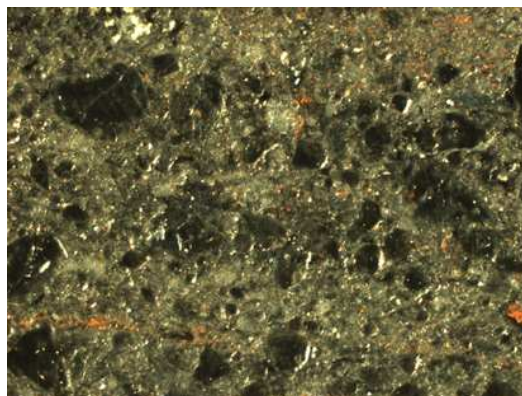


Ilustración 102: Enlucido de la muestra 14 con pequeñísimas partículas de óxido de hierro dispersas en todo el enlucido. Luz reflejada. Fotografía: Luisa Straulino.

A propósito de las capas superiores (sobre los rojos o azules) de la Estructura 2, se puede decir que estas corresponden a detalles de color, como el negro encontrado en la muestra 4 (posiblemente se trate de un delineado) o a capas de enlucido superpuestas en algún lugar del relieve, colocados para detallar formas.

DEFINICIÓN DE TIPOS DE ESTUCO

Después de todo ello se puede hacer una separación en 4 tipos de técnicas de hacer mezclas de cal que consisten en:

1.- Repellado grueso, repellado medio blanco, y enlucido con capa al fresco y subsiguientes al falso fresco como las del Edificio 2 y Plaza Pom y el estuco externo superior de la Pequeña Acrópolis (Il. 103).

2.- Repellado grueso gris, repellado blanco y enlucido con partículas pigmentantes que corresponden a los repellados de los muros internos de la Pequeña Acrópolis (Il. 104).

3.- Repellado grueso gris, repellado medio grisáceo y enlucido color crema con capa de color aplicada al fresco y subsecuente al falso fresco. Éstas corresponden a los estucos encontrados en las jambas de la Pequeña Acrópolis y al estuco externo inferior (Il. 105).

4.- Repellado grueso blanco, con enlucido blanco y pigmento aplicado al fresco, este tipo se encuentra en el piso de la Pequeña Acrópolis (Il. 106).

Estos tipos de estucos responden a la ubicación y función de las mezclas de cal en los edificios.

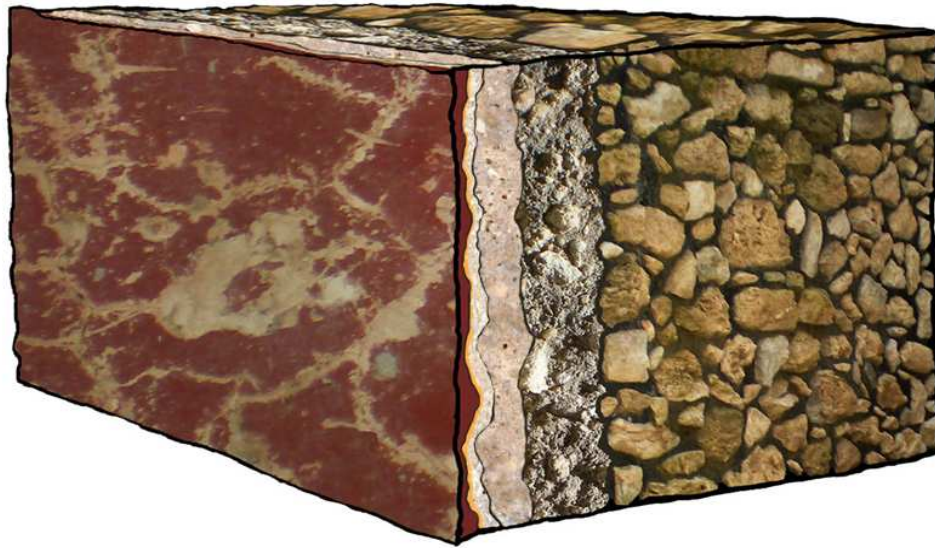


Ilustración 103: Tipo 1. De derecha a izquierda: soporte, repellado gris, repellado blanco, enlucido con capa pictórica anaranjada al fresco, capas pictóricas subsecuentes al falso fresco.

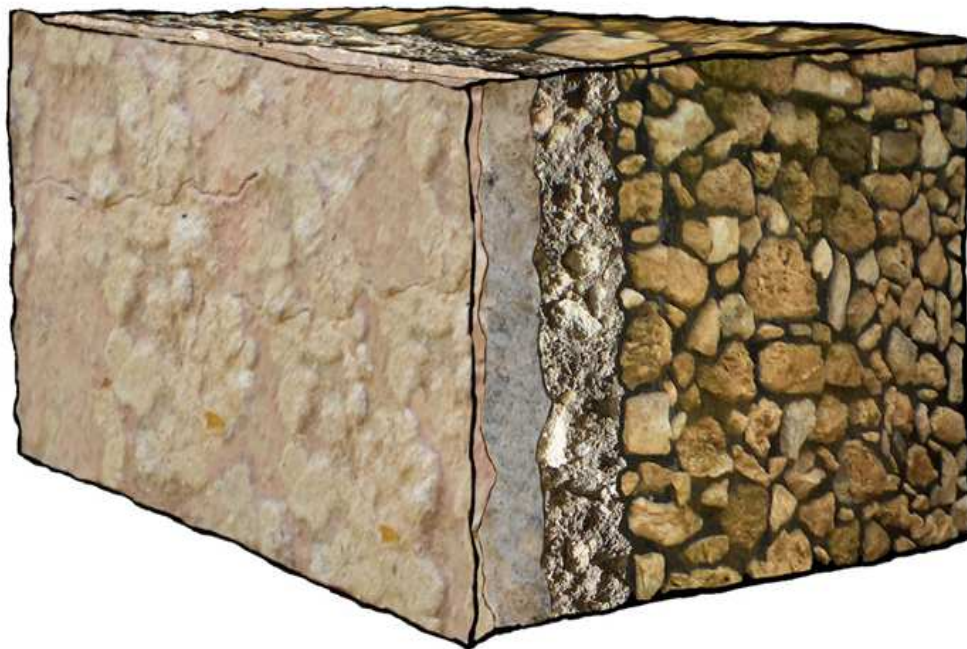


Ilustración 104: Tipo 2. De derecha a izquierda: soporte, repellado grueso gris, repellado blanco y enlucido con partículas pigmentantes.

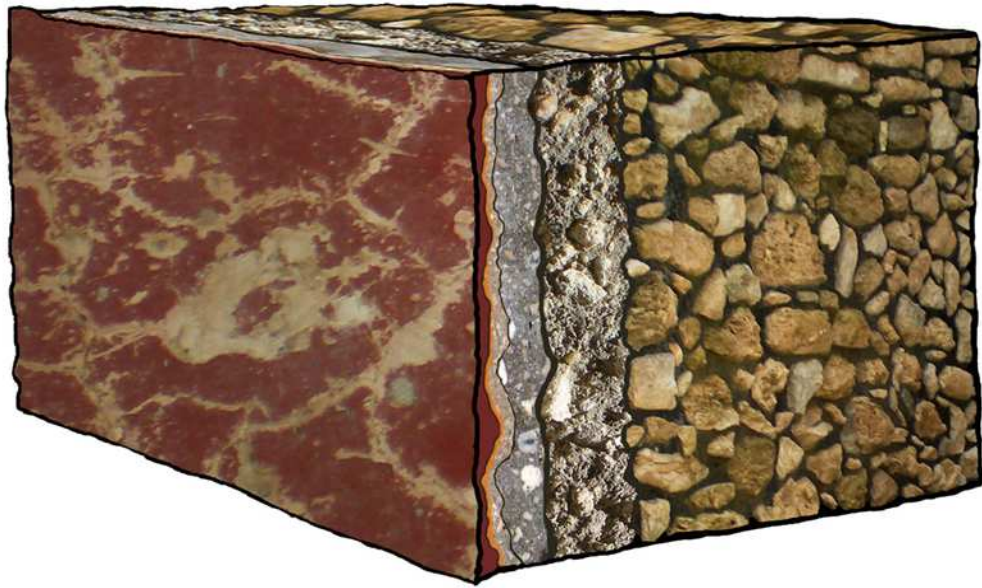


Ilustración 105: Tipo 3. De derecha a izquierda: sporte, repellado grueso gris, repellado medio grisáceo y enlucido color crema con capa de color aplicada al fresco y subsecuente al falso fresco.



Ilustración 106: Tipo 4. De abajo a arriba: Repellado grueso blanco, con enlucido blanco y pigmento aplicado al fresco

SOBRE LA TÉCNICA DE MANUFACTURA Y LA DATACIÓN

Con relación a la datación podemos decir que las edades de radiocarbono estuvieron tan desviadas de lo esperado debido a la imposibilidad de separar adecuadamente la matriz de las inclusiones; así, se dataron carbonatos de origen inorgánico que probablemente tenían varios miles de años (los agregados que no se pudieron separar), con carbonatos antropogénicos (la cal) más jóvenes. Además, es posible que incluso se hayan incorporado carbonatos aún más jóvenes con los carbonatos neogénicos o secundarios formados por procesos de intemperismo inorgánicos y biológicos.

Debido a estos factores se decidió realizar otro tipo de datación; la datación por arqueomagnetismo. Estas edades fueron más acordes a las edades relativas presentadas por arqueología, no obstante son aproximadamente un siglo más tempranas. Los edificios de la Pequeña Acrópolis se habrían construido con un margen de un poco más de 100 años (422-531 d.C.) construyéndose, al último, el Edificio sur. Según la cronología propuesta por Martin y Grube (2002:101-104) y Velásquez (2004), los edificios que coronan la Pequeña Acrópolis se habrían construido (o al menos se puede decir que se repellaron) en los gobiernos de la dinastía Kaan anteriores a Testigo Cielo (561-572 d.C.); Yuknoom Ch'e'n I (?-520) y Tuun K'ab' Hix (520-546 d.C.) en orden ascendente.

Yuknoom Ch'e'n I es mencionado en los escalones jeroglíficos de Dzibanché donde están escritas las menciones más temprana de los gobernantes de Kaan. De estos monumentos sólo se pueden datar 2 que conservan la misma rueda calendario completamente legible y para la cual se propone la fecha de 490 d.C (Velásquez, 2004).

Otras fechas asociadas a estos escalones las propone Velásquez (2004:82) para el monumento 11 (505 ó 518 d.C.) y para el monumento 15 (471 ó 484 d.C.). No obstante se hace una acotación a pie de página: Simon Martin considera que mientras no haya fechas en cuenta larga se debe ser cuidadoso en la asignación de fechas, ya que las alternativas de rueda calendario más tempranas podrían remontarse hasta 334 y 386 d.C. Esto, además, coincide con el uso de un estilo de representación de cautivos muy temprano (cabello desaliñado y ornamentos de identificación muy grandes en la parte posterior del cinturón) que se remonta al 357 d.C.; sin embargo, Martin piensa que Yuhkno'm Ch'e'n empleó

deliberadamente un estilo anacrónico ya que habría gobernado alrededor del año 500 d.C (Velásquez, 2004).

Tuun K'ab Hix se conoce sólo por menciones fuera de su reino; es posible que este gobernante haya perdido una batalla contra el señor de Yaxchilán en 537 d.C.; este evento quedó registrado en un dintel donde se escribe que se capturó a un prisionero del reino de Kaan que además pudo haber sido mujer. Además este gobernante presidió la entronización de un gobernante del Narnajo en 546. Para el año 520 se registra un evento concerniente a la hija de este gobernante en el Altar de Dallas del sitio de la Corona, y si por ende, se acepta que Tuun K'ab Hix ya era soberano en esta fecha, fue él quien auspició la entronización de un rey de El Resbalón (Velásquez, 2004; Martin 2008).

El relieve de la Estructura 2 (que se ubica en una de sus subestructuras anteriores a la construcción del templo superior que se data para 530-560 d.C. por radiocarbono) se habría construido incluso antes de cualquier mención de la dinastía Kaan en el 274-316 d.C. Sin embargo, parece extraño que este relieve haya estado en uso y expuesto por cerca de 200 años o más cuando se realizó la estructura que lo cubrió.

Es muy poco probable que sobre el relieve haya habido otros cubriéndolo ya que antes de colocar un repellado o un relieve nuevo posiblemente tumbaran el anterior y lo utilizaran como carga para los repellados medio y grueso como lo indican las muestras (9/23) que tienen estucos reutilizados con capas pictóricas con la misma técnica de aplicación. Además, no hay evidencia de capas de mantenimiento en este estuco. Entonces hay dos posibilidades: o la cronología propuesta con anterioridad para las etapas constructivas del Edificio 2 (y en general del sitio) está adelantada por unos 100 años y hay que ajustarla, o las edades obtenidas tienen un desvío de un siglo, lo que parece poco probable ya que las edades de la Pequeña Acrópolis ajustan unas con otras aunque los errores obtenidos en las dataciones son altos.

Es por ello que cabría la posibilidad de que en épocas tempranas se prefirieran picar y tumbar los repellados existentes para colocar uno nuevo y utilizar los fragmentos para su fabricación. ¿Porqué se dice que en épocas tempranas? Hay evidencia de que después del 531 d.C., que es la última edad obtenida en este estudio, hayan cambiado de costumbre. En la Pequeña Acrópolis hay un fenómeno posterior a la aplicación de los estucos estudiados. Existen secciones mal conservadas que corresponden a una capa de estuco delgada con

textura más o menos rugosa en la que se colocó una capa pictórica anaranjada. Ésta se encuentra colocada sobre los estucos estudiados y está directamente sobre el estuco de policromía rojo guinda descrito con anterioridad, estos últimos no fueron tocados. Es decir, ni siquiera se picó la capa inferior para darle amarre a la nueva (es probable que por eso esta capa de estuco posterior no se haya conservado adecuadamente). No obstante, el estuco externo superior no está colocado directamente sobre el anterior sino que tiene una capa de repellado grueso entre ambas; aún así, el grosor del repellado es mucho menor al anterior.

Pareciera que en una época posterior a 531 d.C. los habitantes de Dzibanché ya no contaban con los recursos necesarios para colocar en sus edificios repellados gruesos de cal que implican una gran inversión energética. Por otro lado, el uso del pigmento anaranjado (posiblemente goethita con arcillas) en vez de hematita con hematita especular podría ser indicador de un fenómeno de un menor intercambio comercial con áreas lejanas ya que se cambió del uso de pigmentos importados, a usos de pigmentos locales que se pueden encontrar fácilmente en los depósitos de la región. Además hay que recordar que a principios del Clásico tardío hubo una serie de eventos violentos donde se confrontaron grupos antagónicos (ver Arqueología del sitio) lo que pudo dar como resultado una merma en el intercambio de bienes con otras regiones.

Al observar la tabla inferior que relaciona los promedios de las proporciones en los estucos y las edades podemos notar que hay varias relaciones interesantes. Las proporciones de las jambas en el Edificio este, Edificio norte de la Pequeña Acrópolis y Plaza Pom son muy similares por lo que se podría hacer la sugerencia de datar los estucos de Plaza Pom para la misma época de éstos.

Las proporciones de las fases en el Edificio sur, que parece ser más tardío que los otros dos, son bien diferentes (aunque no difieren los tipos, ni los componentes) por lo que se podría deducir que las desigualdades estriban en una manera de hacer distinta según la transmisión de conocimientos en el tiempo. Los componentes del Edificio 2 y de Plaza Pom son iguales y muy similares en frecuencia aunque las proporciones del primero son totalmente diferentes a las demás; inclusive son distintas que los de Plaza Pom, aunque ambos son relieves. Tal hecho puede indicar que las inclusiones en estos edificios podrían ser agregados específicamente para realizar relieves en estuco al exterior.

Los componentes de los estucos de las jambas del Edificio este, del Edificio norte y el estuco externo inferior de la Pequeña Acrópolis, así como sus proporciones, son muy similares por lo que podría decirse que están fabricados al mismo tiempo. Sucede lo mismo con los estucos de las jambas del Edificio sur y el estuco externo superior, por lo que podrían estar hechos más o menos en la misma época. (después de casi 100 años es posible que los estucos externos requirieran mantenimiento mayor).

Por otro lado puede verse que los estucos de los paramentos internos y el piso del Edificio este de la Pequeña Acrópolis tienen más o menos la misma proporción. Aunque seguramente están realizados más o menos en la misma época la diferencia entre ellos estriba en la granulometría. El piso tiene más y más grandes inclusiones y la diferencia de estos dos estucos con todos los demás radica en su función. El piso requiere de resistencia y por eso tiene granulometrías gruesas, así, el espacio ocupado por estas cargas grandes ocupa mayor área que el cementante; el estuco de los paramentos internos tiene tantas cargas de granulometría media en comparación con el cementante porque estaba protegido por las bóvedas y por lo tanto no requería de altas concentraciones de cal.

| EDIFICIOS | | | ESTRATOS | | | | | | | | | Edades | |
|-------------------|-----------|------------------|----------|-------|-------|-------|-----------|------|------|----------------|-------|--------|-----------------------|
| | | | Enlucido | | | | Repellado | | | Repellado gris | | | |
| | | | MA | C | PO | PI | MA | C | PO | MA | C | | PO |
| Pequeña Acrópolis | Este | Jambas | 1 | 0.14 | 0.02 | | 1 | 1.41 | 0.17 | ----- | ----- | ----- | 422-521 d.C. |
| | | Externo superior | 1 | 0.15 | 0.06 | | 1 | 1.00 | 0.22 | ----- | ----- | ----- | Sugerida 500-531 d.C. |
| | | Externo inferior | 1 | 0.11 | 0.03 | | 1 | 1.69 | 0.38 | ----- | ----- | ----- | Sugerida 422-521 d.C. |
| | | Piso | 1 | 0.16 | 0.12 | | 1 | 3.10 | 0.33 | ----- | ----- | ----- | Sugerida 422-521 d.C. |
| | | Interior | 1 | 0.21 | 0.02 | 0.01 | 1 | 3.00 | 1 | ----- | ----- | ----- | Sugerida 422-521 d.C. |
| | Norte | Jambas | 1 | 0.12 | 0.02 | | 1 | 1.34 | 0.32 | | | | 463-508 d.C. |
| | | Sur | Jambas | 1 | 0.15 | 0.06 | | 1 | 0.94 | 0.15 | | | |
| | | | Interior | ----- | ----- | ----- | ----- | 1 | 1.20 | 0.5 | 1 | 2 | 0.63 |
| | Plaza Pom | | | 1 | 0.24 | 0.06 | | 1 | 1.40 | 0.14 | ----- | ----- | ----- |
| Edificio 2 | | | 1 | 0.20 | 0.20 | | 1 | 0.63 | 0.31 | 1 | 0.94 | 0.37 | 274-316 d.C. |

Tabla 32: Proporciones en relación con la edad.

SOBRE LOS COMPONENTES ORGÁNICOS

Las mezclas de cal estudiadas no sólo presentaban componentes inorgánicos, sino también orgánicos. Hoy en día es común decir que los estucos en el área maya utilizaban aditivos orgánicos para mejorar o cambiar las propiedades de la cal. Esto se debe al estudio de fuentes históricas y etnográficas que así lo mencionan por un lado y a la identificación de ciertos monosacáridos en muestras analizadas con cromatografía de gases y espectrometría de masas. (Magaloni, 2001:159-161; Vázquez, 2010:124-136; Jaídar, 2007:98-107). De hecho Magaloni (2001:161) indica que los morteros mayas se caracterizan por tener aditivos orgánicos, cuya adición a la cal se asocia con la necesidad de hacer más lenta la carbonatación de la cal en un medio ambiente cálido y húmedo (Vázquez, 2004b).

Magaloni (1996, 2001) indica en sus investigaciones que los monosacáridos que encontró en los revocos con pintura mural fueron xilosa, arabinosa, ramnosa, fucosa, galactosa, manosa y glucosa. La galactosa y la arabinosa están en cantidades elevadas y la glucosa está presente en todas las muestras. Ella misma advierte, que la glucosa es poco común en las gomas o polisacáridos de exudados vegetales y que además esta combinación de monosacáridos no existe de manera natural en ninguna goma vegetal. No obstante, esto lo atribuye a la aplicación de 2 o más gomas vegetales como aditivos (2001:195).

Por otro lado, Jaídar (2007:98-107) indica que Vázquez Negrete y Velásquez Castillo encontraron xilosa, ribosa, galactosa, manosa y ramnosa en muestras de estucos de Palenque, mientras que Mateos González identificó los grupos funcionales metilo, metileno, carbonilo y ésteres en muestras de estucos de Toniná; ella relaciona a los carbonilos con la presencia de polisacáridos y a los ésteres como productos de degradación de resinas y gomo-resinas. No obstante, llegan a la conclusión de que con los análisis que se han realizado hasta ahora con diferentes técnicas de punta no se han podido definir con certeza las gomas a las cuales pertenecen estos monosacáridos.

No obstante, a mi parecer, estos trabajos sólo demuestran que hay sustancias orgánicas (monosacáridos o grupos funcionales de algún compuesto orgánico) en las muestras de estuco, lo que no quiere decir por ningún motivo que hayan formado parte de las gomas de algún vegetal ya que podrían tratarse de los monosacáridos de muchos otros compuestos orgánicos. Ahora me extenderé en esta argumentación.

En las muestras estudiadas se encontraron además de carbón (que ya se discutió con anterioridad) otros elementos orgánicos como tejidos vegetales leñosos y no leñosos en 10 de 23 muestras con una frecuencia, en cada, lámina muy escasa.

La poca cantidad de tejidos vegetales en las muestras hace pensar que pudieron agregarse de manera accidental al batirse las mezclas, lo que suponemos se hacía directo en el suelo y por eso hay agregados de partículas edáficas. Parte del horizonte A de la cubierta edáfica consiste en tejidos vegetales más o menos degradados.

Por otro lado no podría descartarse la idea de su presencia como indicadores del proceso de maceración y pudrición de cortezas y otras partes de las plantas colocadas en agua para obtener aditivos orgánicos como lo mencionan fuentes etnográficas (accidentalmente, durante este proceso, pudieron haberse quedado esos pequeños fragmentos que se incorporaron a la mezcla.

Ahora bien, la celulosa, la lignina y la hemicelulosa son los principales compuestos de los tejidos vegetales.

La celulosa es el principal componente de las paredes celulares de las plantas; es un polisacárido lineal formado por carbonos, hidrógeno y oxígeno, consistente en unidades de D-glucosa unidas en largas cadenas por enlaces glucocídicos. La celulosa es hidrófila pero poco soluble en agua y es altamente resistente a la hidrólisis tanto química como enzimática. El deterioro principal de la celulosa se da por microorganismos con capacidades para producir celulasa (enzima que destruye los enlaces en la celulosa hasta obtener glucosa). La hidrólisis de la misma está estrechamente relacionada a la disponibilidad de nitrógeno y se ve acelerada por elementos minerales (Caneva *et al.* 2000:70-72).

La lignina es un polímero tridimensional muy complejo compuesto por alcoholes aromáticos (diferentes monómeros de fenilpropano) que forman moléculas irregulares y reticuladas y es la parte esencial de las fibras leñosas. Es especialmente resistente a la degradación de microorganismos excepto de los bacidiomicetos y algunas otras bacterias y hongos (Caneva *et al.* 2000:70-72).

Las hemicelulosas son polisacáridos solubles en álcalis y están asociadas a la celulosa de las paredes de las plantas. Las cadenas principales son de glucosa, xilosa o manosa y sus ramificaciones están formadas por complejos de 1-4 monosacáridos como

galactosa, manosa, arabinosa, xilosa, fucosa, ramnosa, y ácido glucurónico en cantidades diferentes. Sin embargo, las unidades constituyentes, la estructura y el contenido total de las hemicelulosas varían entre los tipos de especies, dentro de la misma especie e incluso según el tejido anatómico y fisiológico del organismo vegetal. La mayor parte de las bacterias y de los hongos son capaces de hidrolizar las hemicelulosas mediante la producción de enzimas (Caneva et al. 2000:72-73; Prinsen, 2010:3-4).

Otros componentes contenidos en los tejidos vegetales son las gomas. Estas son secreciones de los árboles que aparecen como masas vítreas de color ambarino, de estructura amorfa. Son solubles en agua y adhesivas. Constituyen polímeros heterogéneos y reticulados, complejos y no del todo caracterizados aún, compuestos de secuencias de monosacáridos, principalmente constituidos por arabinosas, galactosas, ramnosas y ácido glucurónico que además son atacados fácilmente por microorganismos y presentan inestabilidad química (Matteini y Moles 2004:75; Primo 2007:907).

Por otro lado, encontramos que los monosacáridos presentes en las muestras de esta investigación fueron ramnosa, galactosa, manosa, glucosa, xilosa, fucosa e inositol³⁹ además de algunos picos no identificados. La presencia de inositol puede suponer dos posibilidades, que sea un compuesto derivado de la alteración de los monosacáridos o que sea parte de las membranas celulares de un microorganismo.

La mayoría de los especímenes tienen como componente principal la glucosa, luego la manosa y galactosa están presentes en todas las muestras con más de 1 monosacárido. Es interesante, también, notar el hecho que en todos los casos, los morteros más deteriorados, es decir, los que estaban expuestos constantemente a la lluvia o a escurrimientos sólo presentan glucosa, mientras los demás tienen tres o cuatro monosacáridos en combinaciones y proporciones variables.

Siguiendo con la idea, las gomas en su mayoría tienen altos contenidos de arabinosa, un monosacárido que no encontramos en las muestras. Dado que las gomas de los árboles son solubles en agua y muy propensas a ser atacadas por microorganismos es posible que estas ya no se pueda identificar, o que nunca se haya colocado este aditivo a los estucos en Dzibanché.

³⁹El inositol es un derivado de los monosacáridos por reducción. Es un polialcohol cíclico que forma parte de un tipo de lípidos de membranas celulares, cuya hidrólisis da señales de importancia en el control y regulación de la actividad celular (Martínez y Gragera 2008)

La opción que se considera más probable es, debido a los monosacáridos presentes y su comportamiento ante la alteración (disolverse, excepto la glucosa), que lo que se haya encontrado en las muestras sean las hemicelulosas y la celulosa de los tejidos vegetales identificados como inclusión. Las hemicelulosas pueden estar compuestas por todos esos monosacáridos, principalmente por glucosa, manosa y xilosa, monosacáridos que encontramos en altas proporciones en los estucos (los dos primeros sobre todo), junto con otros que forman parte de sus ramificaciones. Las hemicelulosas insolubles en agua, se hidrolizan en soluciones alcalinas, como las que se obtendrían al caer el agua de lluvia y al disolver parte de los carbonatos de las construcciones. Una vez hidrolizadas, las hemicelulosas se lixiviarían de los estucos y permanecería únicamente la glucosa que forma a la celulosa por lo que los estucos más deteriorados sólo presentarían este monosacárido.

Sin embargo, hay otra posibilidad que no podemos olvidar: la presencia de microorganismos identificados positivamente en las muestras y la capa polimérica que se identificó; no se nos debe olvidar, además que son invasivos. Aunque sólo hayamos podido identificar, *grosso modo*, cianobacterias y hongos, es posible que también se encuentren otros microorganismos cuyas paredes celulares están compuestas por polisacáridos y que producen polisacáridos.

La cantidad de polisacáridos que componen y que producen estos microorganismos es enorme por lo que presentaremos sólo algunos ejemplos.

En los exopolisacáridos de las cianobacterias generalmente la glucosa es el monosacárido dominante aunque pueden ser también abundantes la xilosa, arabinosa, fucosa, ramnosa y manosa. En sus polisacáridos capsulares otra vez la glucosa es dominante y puede tener de 1 a 9 monosacáridos más. En las sustancias extracelulares poliméricas de estos mismos organismos la glucosa es el monosacárido dominante mientras también se encuentran galactosa, manosa, fructosas, ribosa, xilosa, arabinosa, fucosa y ramnosa (Pereira *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2001). Las algas, por su lado, están formadas por glucosa, xilosa, ramnosa, galactosa, fucosa, manosa, ribosa y arabinosa en muy pequeña cantidad, y para complicarlo más todo, algunas microalgas tienen hemicelulosas en sus paredes celulares (Templeton *et al.*, 2012). Todo esto por mencionar un par de ejemplos.

Se puede observar que todos los monosacáridos mencionados para los microorganismos se encuentran en las muestras; por lo tanto otra posibilidad sería que las muestras con microorganismos activos a resguardo de la lluvia hayan formado estas capas poliméricas (ver il.87, 88 y 93) que suponemos formadas por monosacáridos y que en las muestras expuestas a la lluvia esta capa polimérica se haya disuelto. Así mismo, parte de los polisacáridos identificados podrían provenir, también, de las paredes celulares de algunos microorganismos, como la glucosa de la quitina en los hongos.

Por todo lo anteriormente expuesto, es imperativo modificar la idea de que todos los compuestos orgánicos contenidos en un estuco, repellado, mortero o cualquier mezcla de cal en el área maya, proviene únicamente de agregados y aglutinantes orgánicos como las gomas de los árboles. Hay muchas más posibilidades que hay que explorar; sin embargo, la tarea de identificación de componentes orgánicos es muy difícil hoy en día dada su complejidad.

Por otro lado, es evidente que la degradación, puesta en evidencia por la presencia de inositol y por la diferencia de monosacáridos entre las muestras más conservadas y las más deterioradas, es un factor muy importante a tomar en cuenta. Si los compuestos inorgánicos más estables en los estucos son propensos a la degradación, los compuestos orgánicos lo son aún más, por ello pensar en que los monosacáridos presentes en las muestras se puedan identificar comparando con bases de datos de compuestos orgánicos sin alterar, parece remota y podría dar lugar a falsos positivos. Los compuestos orgánicos son la fuente de energía de millones de microorganismos que están presentes en cualquier lugar del mundo. Además, es importante recordar que las capas de suelo o sedimentos que frecuentemente recubren a los edificios son el ecosistema de millones de hongos y bacterias cuya función es degradar para vivir y por lo tanto ninguna muestra se encontrará libre de microorganismos y de un mayor o menor grado de alteración. Así, hay que tener cuidado con la identificación de sustancias orgánicas provenientes de contexto arqueológico, con bases de datos de sustancias sin alterar. Podría decirse también que el uso de varias técnicas de identificación de elementos orgánicos pudiera reducir las probabilidades de falsos positivos, tal como se hace para la identificación de los componentes inorgánicos.

SOBRE EL DETERIORO

Los estucos presentaron diferentes grados y tipos de deterioro de acuerdo a su posición en cada estructura. En el Edificio 2 los estucos se encuentran en la fachada norte y presentaban 2 estados de conservación distintos. El primero, en las áreas secas, consistía en estucos bien preservados y con una capa transparente de sales minerales (identificadas como calcita) sobre la capa pictórica. El segundo, en el área donde hubo un gran escurrimiento por mucho tiempo, el estuco estaba muy dañado con pérdidas casi completas del pigmento y gran parte del segundo estrato.

En esta sección se identificó la presencia de yeso con todas las técnicas utilizadas (petrografía, MEB-EDS y DRX). El yeso se encontraba formando eflorescencias en la superficie donde además se encontraron fragmentos desprendidos de capa pictórica, o como subeflorescencias en los poros del enlucido. Por otro lado también se detectó la presencia de halita. Estas sales son solubles, por lo que con el agua se disuelven y migran en la estructura por capilaridad, en soluciones concentradas. La evaporación provoca que el agua saturada con estas sales salga a la superficie y cristalicen allí (eflorescencias) pero, si la solución está suficientemente concentrada se comenzarán a formar cristales en los poros. Ambas sales, pero sobre todo los sulfatos, al cristalizar, aumentan su volumen generando presión de cristalización adentro de la estructura de los morteros rompiéndolos y pulverizándolos (Torraca, 2009).

La composición de los morteros de cal mejor conservados y que no están pulverulentos no tienen sulfato de calcio en su composición por lo que los sulfatos o el azufre deben provenir de otro lugar. El cemento utilizado para la conservación arquitectónica es el material de proveniencia más probable; los sulfatos se disolverían en el agua de lluvia y migrarían por capilaridad hacia donde el agua se pudiera evaporar con mayor facilidad, resulta que el material más poroso son los estucos por lo que el agua tomará ese camino (Magar, 2013). No obstante, la porosidad disminuye drásticamente entre el repellado y el enlucido y entre el enlucido y las capas pictóricas. Así en las secciones menos porosas donde el agua al no puede pasar con igual facilidad se generan soluciones supersaturadas favoreciendo la cristalización al interior de los morteros. Esto provoca grandes presiones que rompen primero las capas pictóricas y luego el enlucido,

dejando al repellado susceptible al deterioro por disolución de la matriz de carbonato de calcio.

Estas áreas, además, muestran disolución de la matriz calcárea que comienza con los cristales más pequeños (micríticos) y continúa con los cristales más grandes de calcita, lo que también se observa en el edificio este de la Pequeña Acrópolis. Los estucos sin pintura roja que se encontraban bajo el arco maya que aún se conserva están excepcionalmente bien conservados; no obstante los estucos que no tenían protección de la bóveda o incluso de la moldura donde desplanta el arco estaban desintegrados, pulverulentos y en los casos donde no hay luz directa del sol se formaron capas de microorganismos en la superficie. Donde no hay restos de bóveda, se encontraron capas superpuestas de calcita recristalizada, fracturas paralelas a la superficie, pero sobre todo disolución de micrita. En este caso la disolución de la matriz micrítica en un mortero con baja proporción de cal en comparación con las cargas, que además son de grano más grueso, es el factor principal de deterioro.

El agua tiene un rol principal en la alteración de los materiales carbonatados ya que puede disolver el dióxido de carbono de la atmósfera, del suelo (que se casi triplica al de la atmósfera por la respiración de microorganismos y raíces) y la respiración de estos mismos que colonizan las superficies, produciendo ácido carbónico. Así el agua acidificada disuelve los carbonatos transformándolos en bicarbonato de calcio altamente soluble que puede migrar de posición y después convertirse de nuevo en carbonato de calcio cuando el anhídrido carbónico o el agua son escasos (Ford y Williams 2007).

Se observó una clara selectividad en la disolución de los componentes primarios carbonatados de los estucos estudiados. La micrita se disuelve más fácil que los granos de microesparita o esparita, lo que es especialmente notable en los estucos de la Estructura 2 y de esta sección interna de la Pequeña Acrópolis. Cuando las superficies están muy afectadas por el agua, la micrita más fina está ausente de la superficie, dejando cristales más gruesos sin cohesión entre ellos. Cuando el grado de disolución es mayor, los granos más gruesos de calcita exhiben patrones de disolución resultando en una morfología dentada, en el caso de los estucos de la Estructura 2 y a las inclusiones sueltas y por lo tanto una superficie pulverulenta en el caso de los estucos internos de la Pequeña Acrópolis.

En los edificios laterales de la Pequeña Acrópolis los estucos que están totalmente pintados de rojo también tienen dos estados de conservación distintos, las áreas secas tienen una gruesa capa de sales en la superficie y las áreas húmedas tienen una gruesa capa superficial de microorganismos; en algunos lugares los microorganismos estaban cubiertos por una película blanca. Estos microorganismos se identificaron como cianobacterias y hongos a demás de otros que por sus características físicas y porque pueden estar en ambientes húmedos o secos se propone que su naturaleza es simbiótica, es decir que se han formado líquenes.

Siempre que hay microorganismos hay cristales aciculares en la superficie tanto del estuco como de los microorganismos en tejidos de orden azaroso, o con forma de celdillas. En las áreas secas hay gruesas capas de calcita recristalizada que se sobreponen a la capa pictórica. En la Estructura 2 también hay recristalización de calcita: en la superficie hay una capa delgada de este mineral, las fracturas están rellenas por cristales de calcita y en los poros encontramos cristales de calcita acicular.

En el campo de la conservación y en el estudio de la técnica de manufactura de los estucos en el área maya, la presencia de cristales aciculares ha sido objeto de interpretaciones que difieren. Magaloni (2001:167, fig 1) interpreta la presencia de éstos como “típicos cristales de dolomita, que forman una red compacta proveyendo durabilidad y resistencia a la humedad” y Villaseñor (2010) asume que la presencia de cristales aciculares se debe a reacciones hidráulicas (ver también Villaseñor y Graham, 2010).

Empero en las muestras estudiadas en este trabajo, estos cristales en forma de aguja son claramente cristales neoformados por el intemperismo y son similares a los cristales de calcita acicular repostados en suelos modernos y paleosuelos (Becze-Deák *et al.*, 1997; Khokhlova *et al.*, 2001; Bajnóczi y Kovács-Kis, 2006; Durand *et al.*, 2010).

Verrecchia y Verrecchia (1994) han propuesto una clasificación para la calcita acicular, y recientemente Caillaeu la actualizó (2005). Estos autores consideran que la formación de calcita acicular es, directa o indirectamente, de origen biológico, seguido de cambios morfológicos controlados por procesos físico-químicos. En el caso de estas muestras dicha proposición parece confirmarse. Si se observa la tabla inferior siempre que hay lublinita hay microorganismos. En el caso de que únicamente haya microorganismos y que no hayamos podido detectar lublinita en las láminas petrográficas hay dos opciones: la

presencia de microorganismos no es suficiente para la formación de lublinita (la que nos parece más probable) o la lublinita no fue detectada en la láminas porque se requerían más aumentos o porque se pudieron haber destruido con la laminación.

| Ubicación | Microorganismos no identificados | Cianobacterias | Lublinita |
|----------------------|----------------------------------|----------------|-----------|
| M5-repellado grueso | x | | |
| M8-capa pictórica | x | | |
| M8-repellado | x | | |
| M9-repellado grueso | x | | |
| M10-repellado | x | | |
| M11-repellado | x | | x |
| M12-repellado | x | | x |
| M13-depósito | x | x | x |
| M13-repellado | x | | x |
| M15-repellado | x | | |
| M16-repellado | | x | |
| M19-depósito | x | x | |
| M19-repellado | | x | |
| M20-depósito | x | x | x |
| M20-repellado | | x | x |
| M21-enlucido | x | x | |
| M21-repellado | x | x | |
| M22-repellado | x | | x |
| M23-repellado grueso | x | | x |

Tabla 33: Presencia de microorganismos y lublinita en las muestras.

Por otro lado, las cianobacterias epilíticas no disuelven el carbonato de calcio (Ramírez-Vázquez, 2012), por lo que en el caso de estos microorganismos la calcita acicular se formaría con los carbonatos disueltos en los escurrimientos de agua y no de la disolución local del estrato, mientras que la calcita acicular relacionada con los hongos si puede provenir del sustrato, ya que estos microorganismos excretan sustancias ácidas que pueden disolver al sustrato en los que éstos se desarrollan. No obstante, el rol de los microorganismos en la conservación o degradación de las mezclas de cal no está entendido por completo, sobre todo cuando se trata de colonias complejas de diferentes especies e

incluso géneros. La comprensión y análisis de estos procesos rebasan el alcance de este trabajo.

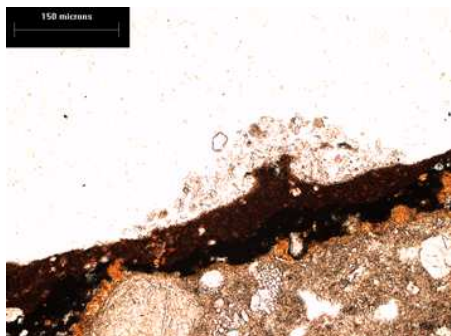


Ilustración 108: Muestra 6. Luz transmitida, sobre las capas pictóricas se observan unos cristales comprimidos en la superficie. Fotografía: Luisa Straulino



Ilustración 107: Muestra 6, misma área que la anterior pero con Nícoles cruzados y luz reflejada. Se observa que los cristales son de calcita y/o dolmita.. Fotografía: Luisa Straulino

En Plaza Pom los fragmentos de los relieves de estuco están muy bien conservados pero tienen una gruesa capa de minerales que a veces impide la apreciación de las capas pictóricas. Ahora bien, con los análisis petrográficos y de microscopía de barrido se observó que los estucos de Plaza Pom no tenían disolución mayor (excepto en algunas secciones de la capa pictórica) ni recristalización de carbonatos. Exhiben por el contrario pérdida de policromía y una gruesa capa de una mezcla de micrita y cristales de calcita adheridos a la superficie por presión (Il. 107 y 108).

Así podemos observar que en un principio el problema fundamental de los estucos era por disolución de los carbonatos de calcio a causa del agua; no obstante después de las temporadas de restauración se infiere que después del 2012 el problema principal de los morteros y repellados, sobre todo del Edificio 2 y de la Pequeña Acrópolis fue la de el deterioro estructural a causa de la cristalización de sales. Éstas son sulfatos de calcio provenientes de las consolidaciones arquitectónicas; además el deterioro se aceleró por el exceso de agua aplicada por las aspersiones de agua de cal que habrían solubilizado el yeso presente en el cemento con el consiguiente mecanismo descrito con anterioridad. El relieve de Plaza Pom continúa estable gracias a que desde el principio tenía un buen estado de conservación y no se consolidó con aspersiones excesivas de agua de cal.

Por último se pueden observar procesos de ferrólisis en algunos fragmentos de la Pequeña Acrópolis, donde hay pseudocapas de óxidos de hierro en secciones que no pertenecen a las capas pictóricas (II. 109 y 110).

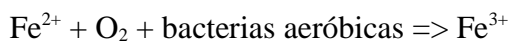
La ferrólisis funciona de la siguiente manera:

El hierro (Fe) en forma de Fe^{3+} (forma oxidada del metal) se encuentra en los pigmentos presentes en las capas pictóricas de los repellados y estucos en forma de hematita (Fe_2O_3) y goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$). Esta forma oxidada (Fe^{3+}) tiene la propiedad de formar minerales poco solubles y muy estables, como los antes mencionados. Pero, en cuanto el ambiente se satura de agua como sería el caso de la temporada de lluvias y los escurrimientos que corrían sobre los estucos de manera continua, se crea un ambiente anóxico donde las reacciones de oxidación dejan de llevarse a cabo sustituyéndose por reacciones de reducción en el Fe. Estas son promovidas por bacterias anaeróbicas que degradan materia orgánica captando energía de las reacciones reductivas.



Una vez que el Fe^{3+} es reducido a Fe^{2+} , se forman minerales altamente solubles, por lo que pueden migrar por capilaridad hacia los frentes de secado en el mural.

Después en los frentes de secado o cuando el muro se seca, los procesos de oxidación vuelven a entrar en curso, ahora junto con bacterias aeróbicas que toman energía de la oxidación del Fe, oxidando de nueva cuenta el Fe^{2+} en Fe^{3+} , volviéndose a formar los productos insolubles, pero precipitados en la superficie de las mezclas de cal.



Los carbonatos de calcio se precipitan en la superficie del muro ya que en presencia de ácido carbónico se convierten en bicarbonatos de calcio solubles, migrando por capilaridad a los frentes de secado (superficie del mural). En contacto con el anhídrido carbónico del ambiente, los bicarbonatos de calcio, forman nuevamente carbonatos de calcio, recristalizando en la superficie junto con los óxidos de hierro.



*Ilustración 109: Capa rojo anaranjado en los bordes de las roturas en los estucos.
Fotografía: Luisa Straulino.*

En esta fotografía se observa una sección transversal en una rotura del repellado en un vano de la Pequeña Acrópolis en el Edificio sur de donde se obtuvo la muestra 13. Allí se observa una coloración rojo anaranjada en algunas secciones del borde de la rotura. Esto corresponde a óxidos de hierro que se han movido por un proceso de ferrólisis.

En esta imagen se observa una capa finísima de óxidos de hierro en la superficie de uno de los costados de una muestra de estuco, donde no hay capa pictórica. Este depósito se ha formado por procesos de ferrólisis.

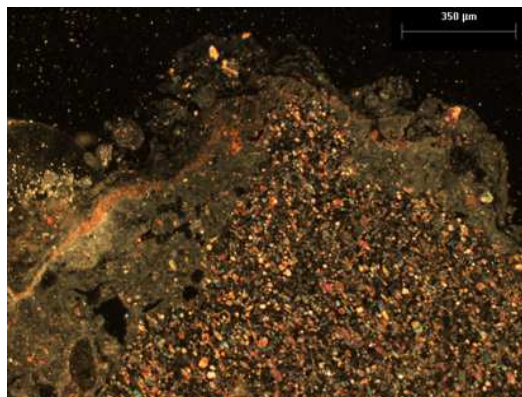


Ilustración 110: Delgada capa de óxidos de hierro en una de las secciones laterales de la muestra 13. Luz reflejada y Nícoles cruzadas. Fotografía: Luisa Straulino.

NOTAS SOBRE LOS FUTUROS PROCESOS DE CONSERVACIÓN

El problema principal de conservación de estos estucos es por un lado la presencia de humedad y por otro la presencia de sulfatos de calcio (yeso). Es mucho más difícil controlar el acceso de humedad ya que el agua de la muy extensa temporada de lluvias es absorbida por pisos y muros que se distribuye por capilaridad.

Así, es **indispensable** remover la fuente de sulfatos, es decir es prioritario remover *todo* el cemento (aunque sea de los morteros terciados) de los muros donde hay repellados,

enlucidos, morteros o pisos de cal ya que éste es la fuente principal de los sulfatos que están deteriorando de manera acelerada a los estucos; si se quiere evitar el deterioro de la roca que de por sí no es de la mejor calidad, también debería de evitarse la utilización de cemento.

Por otro lado aunque es muy difícil controlar el acceso de agua hay varias acciones para mitigar su efecto negativo:

1. La correcta colocación de techos, su consecuente mantenimiento anual y su revisión periódica dada la temporada de huracanes es indispensable para evitar escurrimientos sobre los estucos que puedan disolver la micrita que los cementa o que puedan proveer el soluto (agua) necesario para el movimiento de los sulfatos del cemento hacia los estucos.
2. Evitar a toda costa el uso excesivo de agua en los procesos de conservación; es decir, las aspersiones tan continuas de agua de cal, son además de innecesarias, nocivas para los estucos. Es suficiente la aplicación moderada de agua de cal y luego lechadas de cal de manera puntual en las áreas más disgregadas; claro que esto siempre debe quedar a consideración del restaurador en cargo de las intervenciones.

Limpiar con agua alcohol los microorganismos, además de que aporta mucha agua al sustrato, es bien ineficiente cuando las condiciones microclimáticas permanecen. Para que los microorganismos como las cianobacterias no proliferen es necesario que haya luz de sol directa y un muro seco, lo cual se vuelve una paradoja porque para que hubiera luz de sol directa no tendría que haber techos, y para que el muro esté seco, es necesaria su presencia. Es entonces necesario idear otro modo de eliminar estos microorganismos siempre y cuando sea absolutamente necesario.

Es importante puntualizar que detener la proliferación de microorganismos es casi imposible; el control de las condiciones de humedad es mucho más manejable; así los techos a la larga evitarán los escurrimientos de agua sobre ellos y las colonias estarán más controladas (con la humedad ambiental no hay nada que hacer, y por lo tanto no se puede frenar del todo su crecimiento).

Por otro lado la colocación de pisos de sacrificio debe contemplar el uso de agua sin exceso, ya que esta subirá por los capilares de las rocas de los muros llevando consigo sulfatos que cristalizarán no sólo en los estucos, sino en la roca de los paramentos debilitando la estructura del muro completamente.

La aplicación de desvíos de agua sobre los paramentos, restaurar cornisas y molduras, así como colocar los pisos de sacrificio con inclinaciones adecuadas; promueve, además, que el agua de lluvia escurra hacia donde uno decida y no sobre elementos importantes. Un piso de sacrificio con una inclinación poco adecuada o sin inclinación para sacar el agua, puede tener más efectos perjudiciales que no haberlo puesto.

3. El uso de fumigantes agro-químicos para el control de hierbas o microorganismos, no es recomendable por dos razones: una, generalmente tienen compuestos que pueden tener reacciones químicas desconocidas y/o adversas con el patrimonio cultural; dos, estos compuestos no se limitan a matar a los organismos que se encuentran directamente sobre el patrimonio, sino todo lo que está a su alrededor, además contaminan el suelo, por lo que afectan el ecosistema.
4. Todas estas intervenciones encaminadas a proteger los vestigios arqueológicos tienen que tener mantenimiento anual, sino su deterioro puede provocar más problemas. En caso de saber o intuir que el presupuesto asignado a la zona arqueológica no va a ser anual ni a largo plazo, lo más adecuado para la conservación de los vestigios es: registrar, tomar acciones de conservación preventiva, y re-enterrar de manera adecuada para asegurar su permanencia. El re-enterramiento se puede subsanar de varias maneras, sobre todo si se trata de una zona abierta al público como Dzibanché: réplicas, realizar cédulas explicatorias, etc., aunque la mejor opción hay que discutirla de manera interdisciplinar tomando en cuenta la mayor cantidad de ángulos posibles.
5. Es evidente que no se pueden utilizar las mismas pastas de resane y ribeteado en todos los estucos de Dzibanché ya que las proporciones y

propiedades de los que permanecen *in situ* son diferentes, sino en cada caso, si en función de su posición en la arquitectura. Hay que tomar en cuenta esto para formular pastas con las características adecuadas.

CONCLUSIONES

La cal y los morteros de cal fueron elementos constructivos y de decoración tan importantes que el registro de parte de su producción, uso y deterioro quedó plasmado en distintas fuentes históricas donde puede observarse que los mayas tenían un conocimiento especializado del manejo de este recurso.

A partir del estudio de estas fuentes y del léxico para referirse a ellos, junto con información arqueológica y etnográfica fue posible proponer una interpretación a la cosmovisión alrededor de la producción de la cal donde esta tiene que cumplir con un ciclo de dos muertes y dos renacimientos causados por el fuego y el agua, en ese orden.

La piedra caliza se sacrifica en una pira de fuego para renacer como Sak Chupal (la muchacha blanca) o la cal viva que es sumamente caliente y por lo tanto sin equilibrio. Por ello la cal amarga, como también se le llama, quema a los hombres y puede ser utilizada como “arma”.

El desequilibrio se contrarresta apagando la cal con agua, matándola y llevándola al lado frío del universo, donde se transforma. Luego renace en este mundo como Tix Muk' yah K'utz, la dama reforzadora del tabaco, que ya está equilibrada y puede ser utilizada por los hombres para crear, alimentarse o curarse.

Ahora bien, respecto del manejo de la cal para las mezclas constituyentes de los estucos, repellados y pisos en Dzibanché se puede decir que la mayoría de las materias primas eran locales.

Las cargas son de origen local ya que es muy probable que se hayan explotado las alteritas (laja y sascab) de la región que son parte del horizonte C del suelo y que el horizonte B (suelos arcillosos y rojos), que se encuentra sobre estas alteritas haya sido utilizadas como fuente de pigmentos y/o cerámica. Así, los pigmentos rojos de hematita y goethita (siempre relacionados con algún porcentaje de arcilla) son de origen local, mientras que la hematita especular y la paligorskita (posible) del azul maya son importadas de otras regiones hacia Dzibanché.

Aunque se pueden hacer algunas suposiciones a partir de algunas características, en el estado actual de la investigación es muy difícil determinar con precisión si ciertas inclusiones se colocaron a propósito, por accidente o forman parte de las cargas. Es el caso, por ejemplo, del pedernal y las arcillas que pudieron haber formado parte de la roca utilizada para hacer la cal, o de las rocas o alteritas que se utilizaron como cargas o incluso pudieron haberse incorporado de manera accidental en otro proceso.

Por otro lado es importante volver a recalcar que las proporciones determinadas en este trabajo no son de ninguna manera las proporciones “originales” o las “recetas” con las que los mayas de Dzibanché hacían sus morteros. Éstas, solamente, indican las proporciones que se encuentran hoy en día en las láminas petrográficas.

Lo anterior supone sutiles diferencias: por un lado las proporciones utilizadas por los mayas contenían cal hidratada, no fraguada, lo que aumenta su volumen en relación con la matriz encontrada ahora, y, por otro lado, las inclusiones no sólo se componen de las cargas añadidas intencionalmente sino de partículas agregadas accidentalmente durante el proceso de batido como las partículas edáficas y las conchas (en este caso) y de partículas pertenecientes a la pasta de cal apagada que por diferentes motivos no se transformaron en portlandita (hidróxido de calcio).

No obstante, a partir de lo que tenemos ahora, se pueden hacer varias inferencias importantes sobre la manera de hacer las mezclas de cal y sus diferencias y similitudes.

Es notable que la abundancia de partículas de carbón sea tan distinta entre estratos y entre mezclas de cal en diferentes ubicaciones arquitectónicas. No hay ninguna partícula en capas pictóricas y enlucidos, hay muy pocas en repellados de Plaza Pom, Estructura 2 y estucos internos de Pequeña Acrópolis, y es muy abundante en los repellados de las jambas y exteriores de Pequeña Acrópolis y en los repellados gruesos. Esto parece indicar que estas inclusiones están en la mezcla deliberadamente aunque la intención permanezca desconocida aún; también parece indicar que había una forma eficaz de separar el carbón de las mezclas de la cal que no lo requirieran.

Además de tener técnicas de separación del carbón, tenían técnicas de tamizado de las cargas, lo que es evidente por la granulometría ascendente que se observa al revisar los estratos desde el exterior al repellado grueso.

Los estucos interiores de la Pequeña Acrópolis tienen una gran cantidad de cargas angulares que además están formadas por carbonatos de grano grueso y son más porosos que los de las jambas o los que estaban al exterior de las estructuras. Esto indica que utilizaban y escogían cuidadosamente las diferentes cargas para diferentes propósitos. Las angulares provocan una mayor porosidad y las más redondeadas (como la de los estucos de exterior) menos.

Este grupo tiene un bajo contenido de matriz micrítica por lo que se debe suponer que “ahorran” cal en las secciones protegidas por las bóvedas. Los estucos al no tener contacto con el agua podían tener una menor proporción de cementante a favor de las cargas porque no estaban expuestos a la disolución de la matriz, lo que cambia al caerse las bóvedas y lo que ocasiona el pésimo estado de conservación en que se encontraron.

Se pudieron hacer dos subgrupos en los repellados internos cuyas diferencias indican que los dos muros a los que pertenecen las muestras fueron repellados con mezclas realizadas en diferentes momentos o por manos distintas.

Por otro lado los porcentajes normales para hacer los enlucidos son 80-90% de matriz, 10-20% de inclusiones y de 0-5% de poros. Las diferencias estriban en el deterioro de la matriz o en un mal batido de la mezcla.

Los porcentajes normales en las láminas para los repellados son 30-48% de matriz, 45-55% de inclusiones, 20% de porosidad. Las muestras en general tienen 45% o 55% de inclusiones, no hay intermedios. No obstante, el piso tiene una cantidad mucho mayor de inclusiones, lo que es indicativo de una diferencia en la técnica de manufactura debido a la función arquitectónica, al igual que sucede con los estucos del interior de la Pequeña Acrópolis. Los repellados son muy heterogéneos.

En cuanto a la aplicación de color se puede decir que hay dos técnicas distintas: al fresco y al falso fresco que se pueden distinguir claramente en las láminas delgadas. Se pueden distinguir por la forma de distribución del pigmento y con ayuda de los límites. Además las capas al falso fresco suelen tener inclusiones distintas a las del enlucido.

Así se pudieron distinguir 4 tipos de estucos:

1-Repellado grueso, repellado medio blanco, y enlucido con capa al fresco y subsiguientes al falso fresco. Se encuentra en el Edificio 2, Plaza Pom y en el estuco externo superior de la Pequeña Acrópolis.

2-Repellado grueso gris, repellado blanco y enlucido con partículas pigmentantes que corresponden a los repellados de los muros internos de la Pequeña Acrópolis.

3-Repellado grueso gris, repellado medio grisáceo y enlucido color crema con capa de color aplicada al fresco y subsecuente al falso fresco. Éstas corresponden a los estucos encontrados en las jambas de la Pequeña Acrópolis y al estuco externo inferior.

4-Repellado grueso blanco con enlucido blanco y pigmento aplicado al fresco. Este tipo se encuentra en el piso de la Pequeña Acrópolis.

Cambiando al tema de la relación entre la datación y la técnica de manufactura se puede decir que los edificios fueron repellados y decorados antes del gobierno de Testigo Cielo (561-572 d.C.). En mi opinión no hay suficientes datos para asignar la hechura del bajorrelieve de la Estructura 2 (274-316 d.C.) a un gobernante Kaan, ya que aunque se menciona que Yohknom Ch'e'n pudo haber gobernado mucho antes de lo que se estima y con fechas cercanas a las de la manufactura del mismo (334 ó 386 d.C.), esta posibilidad queda sólo cómo una hipótesis aún sin comprobar.

Así mismo, este relieve no presenta ninguna mención a los gobernantes de esta dinastía, en comparación con los de Plaza Pom (sin datar pero con edades sugeridas de 422-521 d.C.) que sí tienen una clara referencia (glifo de estuco que se lee *k'uhul ahau Kaan*) e incluso a simple vista el bajo relieve de la Estructura 2 presenta un estilo distinto y menos refinado; además, las proporciones son bien diferentes del resto de los estucos que sí se pueden asociar al tiempo de gobierno de gobernantes de esta dinastía. Los últimos factores pueden deberse a causas diferentes: o las personas que realizaban los relieves en estuco tenían tradiciones diferentes o se trata de una “evolución” en la técnica. Aún así, es muy pronto para descartar cualquier opción, incluyendo que este relieve haya sido realizado bajo el auspicio de algún gobernante de la dinastía Kaan.

Empero, lo que sí es muy claro es que Dzibanché desde el Clásico temprano contaba con una sociedad liderada por un poder capaz de organizar y ejecutar un programa constructivo de grandes dimensiones con acabados arquitectónicos que requerían de la inversión de grandes cantidades de trabajo y recursos materiales.

Por otro lado, antes del 531 d.C. los estucos a los que se quería dar mantenimiento o que se querían remodelar se picaban por completo del soporte y se utilizaban en los nuevos como cargas.

Los estucos de Plaza Pom y los del Edificio este de la Pequeña Acrópolis son muy parecidos por lo que se sugiere asignar las mismas edades (422-521 d.C.) así como a los estucos del Edificio sur que tienen proporciones similares al repellido externo superior (500-531 d.C.). Estos últimos son diferentes a los demás estucos de la Pequeña Acrópolis (Edificio norte 463-508 d.C.; Edificio este 422-521 d.C.), lo que coincide con el hecho de que el Edificio sur es posterior a los otros dos (500-531 d.C.).

Es posible que los habitantes de Dzibanché, después del 531 d.C., hayan perdido la capacidad y los recursos energéticos para realizar nuevos repellidos por lo que aplicaron capas delgadas de estuco sobre los anteriores con uso exclusivo de pigmentos locales.

Con relación a los componentes orgánicos se observa que las muestras contienen diversas inclusiones de origen orgánico además del carbón: tejidos vegetales leñosos y no leñosos y microorganismos (cianobacterias, hongos y otros no identificados). Además contienen monosacáridos que en trabajos anteriores habían sido relacionados exclusivamente con aditivos orgánicos, en específico con gomas.

Estos monosacáridos presentan un comportamiento particular ante los agentes de intemperismo. Las muestras más deterioradas tienen únicamente glucosa, mientras las demás presentan 3 o 4 monosacáridos más. Esto parece indicar que la sustancia formada por estos monosacáridos es propensa a disolverse.

En este trabajo la proveniencia de estos carbohidratos se pone en duda, ya que podrían estar en las muestras debido a que forman parte de las inclusiones ya sean tejidos vegetales o microorganismos, así como de exudados de estos últimos. Por lo tanto, es necesario abrir la puerta a otras posibilidad y no tomar como una única posibilidad la que dicta que todos los estucos del área maya tenían aditivos y que la presencia de monosacáridos es prueba de ello.

Por otro lado, es evidente que hay una relación entre la formación de lublinita en las muestras deterioradas y la presencia de microorganismos. El mecanismo de formación de la lublinita sigue siendo desconocido, pero se confirma lo que se ha establecido en muchos otros trabajos, la cristalización del carbonato de calcio en formas aciculares está estrechamente relacionado con organismos biológicos.

Ahora bien, aunque nos gustaría enunciar pasos específicos para la conservación y restauración de los estucos estudiados, no es posible hacerlo puesto que la restauración y la

conservación no pueden formular recetas. Esto se debe a que (y en especial en este caso que se trata de bienes inmuebles por destino que se conservan *in situ*) los materiales y la interacción con el medio, así como los diferentes procesos de restauración van modificando el estado de conservación y las necesidades de intervención cada bien cultural; de tal manera, lo que puede funcionar en un principio, puede ser improcedente al pasar del tiempo. Por ello, la necesidad de hacer diagnósticos periódicos y modificar los procesos de conservación y restauración según la evolución de los bienes culturales es sumamente importante, así como la evaluación de los procesos aplicados. Sin embargo, para este caso se pueden puntualizar algunas cosas: las pastas de resane y ribeteado que se utilicen en los estucos de los diferentes edificios deben responder a las proporciones obtenidas, por lo que no pueden ser las mismas para todos los casos; es imperante la necesidad de remover el cemento de los paramentos que tienen estuco y de propiciar la utilización de morteros de cal en las restauraciones arquitectónicas, el agua es un factor importantísimo de deterioro para estos bienes culturales por lo que hay que privilegiar procesos de intervención y de conservación que utilicen lo menos posible de este líquido. No hay que olvidar que la colocación de cubiertas y desvíos de agua debe ser consultado o realizado por especialistas como arquitectos restauradores que estarán al tanto de los requerimientos estructurales de los mismos, así como de las necesidades de conservación preventiva de los bienes culturales.

Hay que mencionar que en este trabajo además de haber encontrado ciertas certezas y algunas sugerencias, se formularon diversas preguntas que no se pudieron resolver puesto que rebasan el alcance de ésta tesis.

1. ¿Cuáles son las proporciones de cada tipo de inclusión? Para responder a esta pregunta se desarrolló un método de análisis digital de imágenes combinado con estadística que no pudo ser llevado a cabo por la gran cantidad de tiempo que lleva procesar las imágenes. Se espera poder ponerlo en práctica en un futuro.
2. ¿Dónde están las canteras de piedra y sascab así como las fuentes de aprovisionamiento de pigmentos en Dzibanché? Éste es un trabajo que requiere de especialistas en arqueología y ciencias de la tierra. Sería muy interesante contar con estos datos para contestar la siguiente pregunta.

3. ¿Los materiales de las canteras y posibles fuentes de aprovisionamiento de materias primas coinciden en composición con los materiales encontrados en los estucos? Esta pregunta se puede resolver haciendo análisis isotópicos y de elementos traza, así como análisis micromorfológicos tanto de las muestras de fuentes como de los estucos.
4. Las inclusiones identificadas como pertenecientes a las pastas de cal apagada ¿de verdad lo son? Esta pregunta podría contestarse haciendo cal en hornos experimentales y apagándola; claro que esto supone variables como: materia prima, tipo de horno, tipo de apagado, colado de la pasta, etc. Para analizar la muestra se dejaría secar la pasta de cal y se realizarían láminas petrográficas para su análisis.
5. Las otras inclusiones ¿fueron colocadas como cargas o añadidas de manera accidental? Para ello sería necesario conocer las fuentes de aprovisionamiento y comparar su composición con las de las mezclas de cal.
6. ¿Cuál es el verdadero papel de los microorganismos en la alteración de las pastas de cal y las capas pictóricas? Para empezar habría que saber de qué microorganismos está compuesto el biofilm y esto se podría realizar con análisis de ADN ya que son películas complejas. Para saber como funcionan estos microorganismos en conjunto habría que estudiar su forma de nutrición y metabolismo y concluir si estos procesos requieren tomar algún elemento de los estucos que funcionan como sustrato.
7. ¿Cuál es la fuente de la hematita especular y de la paligorskita utilizadas en Dzibanché? Esta es la pregunta más difícil de resolver porque implica la búsqueda de fuentes prehispánicas activas en el Clásico, el muestreo y la comparación de su composición con la de los pigmentos.
8. ¿Cuál o cuáles fueron las especies de árboles escogidas como combustible para los hornos? Esto podría resolverse utilizando una de las muestras con más carbón para disolver la parte carbonatada y así obtener los fragmentos de madera quemada que puedan ser estudiados por un especialista.

9. Los monosacáridos encontrados ¿de verdad pertenecen a aditivos? ¿Tienen otro origen? Este campo de investigación es muy vasto y la respuesta es complicada, para empezar habría que tener una base de datos disponible con las gomas de las especies que posiblemente fueron utilizadas en fresco y otras envejecidas artificialmente en un medio alcalino (como el que se formaría en los estucos y el constante contacto con agua) para después compararlos con las muestras. Por otro lado la probabilidad de que se trate de otro compuesto es tan grande y las posibilidades tan variadas que es un trabajo que se tiene que realizar por varias personas durante varios años para llegar a una conclusión convincente.

Así, con este trabajo se ha demostrado que no sólo la edad de los estucos influye en la técnica de manufactura como se sugiere en trabajos anteriores, sino que los materiales, las proporciones y la manera de aplicarlos eran cuidadosamente seleccionados según la función arquitectónica que las mezclas de cal iban a tener en el edificio.

El conocimiento profundo de los materiales constitutivos de los repellados, estucos y pisos, y además de sus proporciones, estratigrafía, y formas de interrelación ayudan no sólo al conocimiento arqueológico y a construir la historia de culturas desaparecidas, sino a la conservación y formulación de propuestas de restauración consistentes y argumentadas con interpretaciones científicas. El grado de conocimiento que se requiere de cada material diferirá según los objetivos de cada propuesta de conservación y restauración, pero como se ha demostrado, el análisis minucioso sirve hasta para formular pastas de resane adecuadas a cada tipo de mortero encontrado.

Por último, y después de todo lo anteriormente puntualizado, puede decirse que es necesario estudiar los estucos del área maya de manera interdisciplinaria y que tomar en cuenta y conocer el deterioro de los mismos es de suma importancia para hacer óptimas interpretaciones de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

Abrams, E.

1994 *How the Maya Built Their World: Energetics and Ancient Architecture*, Austin: University of Texas Press.

Abrams, E. y A. C. Freter

1996 “Late Classic lime-plaster kiln from the Maya centre of Copan, Honduras” en: *Antiquity*, vol 70, no. 268, 422-428.

Acuña, M. J.

2007 *Ancient Maya Cosmological Landscapes: Early Classic Mural Paintings at Río Azul, Peten, Guatemala*. Tesis de Maestría en Artes Master of Arts, Texas: The University of Texas at Austin.

Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana

2009 “Tabaco” en: *Biblioteca digital de la Medicina Tradicional Mexicana*, UNAM. Disponible en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=Tabaco&id=7765>

Alcina Franch, J. M.; J. I. Ponce de León; A. Ciudad Ruiz

1980 “El “temazcal” en Mesoamérica: evolución, forma y función”, *Revista española de antropología americana*, X: 93-132, J. A. Pavón (dir.). Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Arnold, D.E.

2005 “Maya blue and palygorskite”, *Ancient Mesoamerica*, vol 16(1), pp 51-62

Arnold, D.E.; B.F. Bohor, H. Neff; G.M. Feinman, P.R. Williams, L. Dussubieux, R. Bishop

2012 “The first direct evidence of Pre-Columbian sources of palygorskite for Maya Blue”, *Journal of Archaeological Science*, vol 39, pp 2253-2260

Atlas Nacional de Riesgos

2012 *Riesgos Sanitario-Ecológicos. Epidemias o Plagas*. SEGOB-CENAPRED, México. En línea consultado en Junio del 2013:

http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=84&Itemid=196. Actualizado (Jueves, 01 de Marzo de 2012 13:33)

Ayala Falcón, M.

2006 “ De la procedencia y el uso del Códice Madrid (Tro-Cortesiano)”, *Estudios de Cultura Maya*, XXVII:15-42, M.H. Ruz y C. M. Báez (eds.). México: UNAM-CEM

Backes, C.J; D. Cheetham; H. Neff

2012 “The color of influence: a provenance study of hematite-based paints on early olmec carved pottery”, *Latin American Antiquity*, vol 23 (1); pp 70-92.

Bajnóczy, B., V. Kovács-Kis

2006 “Origin of pedogenic needle-fiber calcite revealed by micromorphology and stable isotope composition-a case study of a Quaternary paleosol from Hungary”. *Chemie der Erde* 66, pp 203-212.

Balanzario, S

2011 Comunicación Personal.

2013 *Proyecto de Mantenimiento Emergente en las zonas arqueológicas de Dzibanché y Kohunlich*. Informe al Consejo de Arqueología. INAH, no publicado.

Balanzario Granados, S.; S. Cruz Rivera

2014 Proyecto de mantenimiento emergente en los sitios arqueológicos de Dzibanché y Kohunlich. Informe al Consejo de Arqueología. Vol II. INAH, no publicado.

Balanzario Granados, S.; M.V. Serratos Aguirre

2014 Proyecto de mantenimiento emergente en los sitios arqueológicos de Dzibanché y Kohunlich. Informe al Consejo de Arqueología. Vol I. INAH, no publicado.

Barba, L.

2007 “Chemical residues in lime-plastered archaeological floors” en: *Geoarchaeology* vol. 22, no. 4, 439-452.

Barba, L. y L- Manzanilla

1987 “Estudio de áreas de actividad” en: Linda Manzanilla (ed.), *Cobá, Quintana Roo: análisis de dos unidades habitacionales mayas*: México, Universidad Nacional Autónoma de México, 69-115.

Barba, L.; A. Ortiz, K. Link, L. López Luján y L. Lazos

1996 “Chemical analysis of residues in floors and the reconstruction of ritual activities at the Templo Mayor, México” en: M. V. Orna (comp.) *Archeological Chemistry. Organic, inorganic, and biochemical analysis*: Washington, American Chemical Society, 139-156.

Barba, L. y J. L. Córdova

1999 “Estudios energéticos de la producción de cal en tiempos teotihuacanos y sus implicaciones” en: *Latin American Antiquity*, vol. 10, no.2, 168-179.

2010 *Materiales y energía en la arquitectura de Teotihuacan*: México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Barba, L. y L. Lazos

2000 “Chemical analysis of floors for the identification of activity areas: a review” en: *Antropología y técnica*, vol. 1, 59-70.

Barba, L.; J. Blancas, L. Manzanilla, A. Ortiz, D. Barca, G. Crisci, D. Miriello y A. Pecci

2009 “Provenance of the limestone used in Teotihuacan (Mexico): a methodological approach” en: *Archaeometry*, vol. 51, no.4, 525-545.

Barba, L. e I. Villaseñor (eds.)

2013. *La Cal. Historia, propiedades y usos*, México: IIA-UNAM, Asociación de Fabricantes de Cal.

Barker, A.

2014 A key for identification of rock-forming minerals in thin-sections: London, CRC Press.

Bautista, F. y G. Palacio (Eds.)

2005 *Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales*. México: UACAM-UADY-INE.

Bautista-Zuñiga, F., Estrada-Medina, H., Jiménez-Osornio, J., González-Iturbe, J.A.

2004. “Relación entre el relieve y unidades de suelo en zonas cársticas de Yucatán”. *Terra Latinoamericana* 22 (3), 243e254.

Beach, T., Luzzadder-Beach, S., Dunning, N., Scarborough, V.

2003. “Depression soils in the lowland tropics of northwestern Belize”. In: Gómez-Pompa, A., Allen, M., Fedick, S.L., Jiménez-Osornio, J.J. (Eds.), *Lowland Maya area: three millennia at the human-wildland interface*. Haworth Press, Binghamton, NY, pp. 139–173.

Beach, T., Luzzadder-Beach, S., Dunning, N., Scarborough, V.

2008. “Human and natural impacts on fluvial and karst depressions of the Maya Lowlands” en: *Geomorphology*, vol 101, pp 308-331.

Becz-Deák, J., R. Langohr, E.P. Verrecchia

1997 “Small scale secondary CaCO₃ accumulations in selected sections of the European loess belt. Morphological forms and potential for paleoenvironmental reconstruction”. *Geoderma* 76, pp 221-252.

Benito, F. J. G.

2008 *Unidad 4. Tema Microscopía Electrónica de Barrido*. Obtenido en 2015, desde el sitio Web de OCW - UC3M: http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/caracterizacion-de-materiales/material-de-clase-1/Unidad_4_Tema_Microscopia_electronica_de_B.pdf.

Beramendi Orozco, L. E., G. Gonzáles y A. M. Soler Arechalde

2012 “Cronología para Teopancazco: Integración de datos arqueomagnéticos a un modelo bayesiano de radiocarbono” en: Linda R. Manzanilla Naim (editora). *Estudios Arqueométricos del centro de barrio de Teopancazco en Teotihuacan. Coordinación de la Investigación Científica y Coordinación de Humanidades*, México: UNAM, pág. 111 – 134.

Berger, R.

1992 "Carbon¹⁴ Dating Mortar in Ireland," en: *Radiocarbon*, vol 34, pp 880-889.

Berlucchi, N. y R.G: Corradini

1995. "Experimentation of a chemical-physical methodology for the reconstruction of historic mortars" en: *Methods for evaluating products for the conservation of porous building materials in monuments*. Rome: ICCROM.

Bernal Romero, G.

2011 *El señorío de Palenque durante la Era de K'inich Janaab' Pakal y K'inich Kan B'ahlam*, Tesis de doctorado en Estudios Mesoamericanos. México: UNAM-FFyL.

Bertholon, R.

2000 *La limite de la surface d'origine des objets métalliques archéologiques. Caractérisation, localisation et approche des mécanismes de conservation*, Tesis de doctorado, Humanities and Social Sciences. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I.

2001 "Proposition d'une méthode de description de la corrosion adaptée aux objets métalliques archéologiques: schéma général de la méthode" en: *Cahier technique de l'ARAAFU*, no. 9. XVII Journées de restaurateurs en Archeologie, IRRAP, les 26 et 27 de septembre.

Bolles, D.

2012 *Combined Mayan-Spanish and Spanish-Mayan Vocabularies*. Milford, Connecticut, 2479 pp (<http://alejandrasbooks.org>)

Brady, J. E. y D. Rissolo

2006 "A Reappraisal of Ancient Maya Cave Mining" en: *Journal of Anthropological Research*, Vol. 62, No. 4, pp. 471-490

Breton, A.

1999 *Rabinal Achi. Un drama dinástico maya del siglo XV*, Traducción por Jorge Mario Martínez, Guatemala: CEMCA

Brown, G.

1987 "Mortars for Tropical Archaeological Sites" en: *American Preservation Technology Bulletin*. Vol XIX, no,3, 43-50.

1990 "Testing of Concretes, Mortars, Plasters, and Stuccoes" en: *Archaeomaterials*, vol. 4, 185-191

1996 *Analyses and History of Cements*: Canada, Gordon Brown, publisher.

Bueno Cano, R.

1999 *Entre un río de robles. Un acercamiento a la arqueología de la región Río Bec*. Colección Científica 411, México: INAH

Cabadas, H.A.; E. Solleiro; S. Sedov; T.Pi; R. Alcalá

2012 “The complex genesis of red soils in Peninsula de Yucatan, Mexico: Mineralogical, micromorphological and geochemical proxies” en: *Eurasian soil science*, vol 43 (13), pp 1-19.

Cailleau, G.

2005. *Cycle du carbone et biominéralisation carbonatée en milieu continental: la diagenèse des phases oxalate-carbonate*, Tesis de doctorado, Universite de Neuchtel, Suisse.

Caneva, G.; M.P. Nugari; O. Salvadori

2010 *La biología en la restauración*, Nerea, Sevilla

Caró, F. y A. Di Giulio

2004 “Reliability of textural analysis of ancient plasters and mortars through automated image analysis” en: *Materials Characterization*, vol 53 (2-4), pp 243-258.

Carta Geológica Minera Chetumal E16-4-7

2005 *Carta Geológica Minera Chetumal E16-4-7*. Servicio Geológico Mexicano
Disponible en: mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/118_E16-4-7_GM.pdf

Casadio, F., G. Chiari y S. Simon

2005 “Evaluation of binder/aggregate ratios in archaeological lime mortars with carbonate aggregate: A comparative assessment of chemical, mechanical and microscopic approaches” en: *Archaeometry*, vol 47 (4), pp 671-689.

Castanzo, R. A.

2004 *Tepeaca Kiln Project, Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies, Inc.* (en línea): California, FAMSI, disponible en <http://www.famsi.org/reports/02021/>, consultado 8 de febrero del 2012.

Castanzo, R. A. y J. H. Anderson

2004 “Formative period lime kilns in Puebla, México” (en línea) en: *Mexican Journal of Mesoamerican Studies*, vol XXVI, 86-90. disponible en: http://www.mexicon.de/mxv_2604.html, consulta 8 de febrero del 2012.

Castro Mora, J. (comp.)

2002 *Monografía Geológico-Minera del estado de Campeche: México*. Ed. Consejo de Recursos Minerales, Secretaría de Economía.

Catling, D.C. Y J.M. Moore

2003 “The nature of coarse grained crystalline hematite and its implications for the early environment of Mars”, *Icarus*, vol. 165, pp 277-300

Cervera Montejano, M. D.

2007 “Etnoteorías parentales, alma y enfermedades infantiles entre los mayas de Yucatán”, *Estudios de antropología Biológica*, XIII:731-759, M. Civera Cerecedo y M. R. Herrera Bautista (eds.). México: UNAM, IIA, INAH, AMAB.

Chiari, G. & R. Lanza

1996 “Pictorial remanent magnetization as an indicator of secular variation of the Earth’s magnetic field” en: *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 101, pp. 79-83.

Cimitan L. y Zaninetti A.

1991. “Studio delle tecniche didisgregazione per le indagini diagnostiche delle malte” en: *Materiali e Strutture. Problemi di Conservazione* vol 3, pp121–30

Ciudad Real, A. de

1577 *Calepino maya de Motul*, Archivo facsimilar (fotografías digitales en formato PDF del original) John Carter Brown Library, Indigenpus Collection.
(<http://archive.org/details/diccionariodemot02ciud.>)

1984 *Calepino maya de Motul*, edición, introducción e índices por René Acuña. México: UNAM-IIF, 2 volúmenes.

2001 *Calepino maya de Motul*, edición crítica y anotada por Rene Acuña. México: Plaza y Valdés.

Códice Tro-Cortesiano (códice Madrid)

1967 Introducción y resumen por Ferdinand Anders. Graz: Akademische Druck- u. Verlagsanstalt (http://www.famsi.org/spanish/research/graz/madrid/thumbs_0.html)

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

2007 *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Xpujil, estado de Campeche*: México, Comisión nacional del agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica. En: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/DR_0405.pdf

Coto, T. de

1983 *Thesaurus verborv: vocavulario de la lengua cakchiquel v [el] guatemalteca, nueuamente hecho y recopilado con summo estudio, trauajo y erudición*, edición, introducción, notas, apéndices e índices de René Acuña. México: UNAM-IIF.

Cordemex

1980 *Diccionario maya-español, español-maya*, Dirigido por Alfredo Barrera Vázquez. Mérida, Cordemex.

Cornell, P.

2001 “La externalización de la memoria, la arqueología y el subalterno” en: *Anales*, no. 3-4, 175-182.

Cortés de Brasdefer, F.

1994 “Los mascarones de Chaanbakan” en *Mexicon* (16), pp 32-50.

Coutelas, A.

2003 *Petroarcheologie du mortier Gallo-Romain. Essai de reconstitution et d'interpretation des chaînes operatoires: du materiau au matier antique*, Tesis de Doctorado, Universidad Paris 1, no publicada, 479 pp.

2008 “De la pierre à chaux au mortier: Le travail de la chaux sur les chantiers de Construction gallo-romains” en: Blary (François), Gely (Jean-Pierre) & Lorenz (Jacqueline), eds. *Pierres du patrimoine européen de l'Antiquité à la fin des Temps Modernes. Actes du colloque international «Pierres du patrimoine européen » (Château-Thierry (France), du 18 au 21 octobre 2005)*.

Cheetham, D.

2010 “Corn, colanders and cooking: Earlu maize processing in the maya lowlands and its implications” en John Edwards Staller y Michael Carrasco (eds.), *Prehispanic Foodways. Interdisciplinary Approaches to Food, Culture, and Markets in Ancient Mesoamerica*, Nueva York, Springer, pp 44-368.

Chiari, G. y R. Lanza

1997. “Pictorial remanent magnetization as an indicator of secular variation of the Earth's magnetic field”, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 101, pp. 79-83.

Christenson, A. J.

2007 *Popol Vuh: Sacred Book of the Ancient Maya Electronic Database* (CD-ROM) Utah: Center For Preservation Of Ancient Religious Texts, Brigham Young University

Craveri, M.

2012 *El lenguaje del mito. Voces, formas y estructuras del Popol Vuh*. México: UNAM-CEM.

Cruz Cortés, N.

2012 “El gusano de las muelas: medicina y magia simpática entre los mayas”, *Estudios de Cultura Maya*, 40:167-189, R. Romero Sandoval (ed.). México: UNAM-CEM.

Cruz Orive, L. M.

2003 “Estereología: Punto de encuentro de la Geometría Integral, la Probabilidad y la Estadística”. En memoria del Profesor Luis A. Santaló(1911–2001) en: *LA GACETA DE LA RSME*, Vol. 6.2, pp. 469–513

Doménech-Carbó, A.; M. T. Doménech Carbó , M. del C. Saurí

2005 “Electrochemical identification of flavonoid dyes in solid work of art samples by abrasive voltammetry at paraffin-impregnated graphite electrodes” en: *Talanta*, nº 66 p.769-782.

Doménech-Carbó, A.; M. T. Doménech Carbó, M. L. Vázquez de Agredos.

2006 “Dehidroíndigo: a new place into the maya blue puzzle the voltametry of microparticles approach” en: *Journal of Physical Chemistry*, nº 10. American Chemical Society, p.6027-6039.

2011 “From Maya blue to “Maya Yellow”: A Connection between Ancient Nanostructured Materials from the Voltammetry of Microparticles” en: *Angew. Chem. Int. Ed.* 2011, 50, 5741–5744

Durand, N.; H. Curtis, M.G. Canti

2010 “Calcium carbonate features” en: Stoops, G., Marcelino, V., Mees, F. (Eds.), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, Amsterdam, pp. 149-194.

Elsen, J.

2006 Microscopy of historic mortars. A review en: *Cement and Concrete Research* 36, pp 1416–1424.

Encuentra, M.

2013 “Informe de restauración”. Temporada de campo 2013. Sandra Balanzario, dirección del proyecto arqueológico, Informe de trabajo no publicado, Centro INAH Quintana Roo.

Espinoza Morales, Y. Reyes, J.; Arano, D.; Domínguez, R.; Ruvalcaba, J. L.; Bartolo-Pérez, P.

2013 “Estudio microscópico de estucos prehispánicos de la ciudad maya de Edzná, Cmapeche, México”; *Acta microscópica*, Vol 22 (4), 300-310 pp.

Espinoza Morales, Y: J. Reyes-Trujequea, D. Arano-Recio, R. Dominguez-Carrasco, J.L. Ruvalcaba-Sil, P. Quintana-Owen.

2014 “Deterioration of Pre-Hispanic Stucco Masks from the Archaeological Mayan Site of Edzná, Campeche, México”, *MRS Proceedings*, Vol 1618.

Estrada-Medina, H.; R.G. Wes Tuttle, M. F. Allen, J. J. Jimenez-Osornio

2010 “Identification of underground karst features using Ground Penetrating Radar (GPR) in northern Yucatan, Mexico”. *Gsvadzone* 9: 653–661.

Ford, D.C., P.W. Williams,

2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley & Sons, Sussex.

Flannery, Kent V.

1976 *The early mesoamerican village*, California, Academia Press, p 377

Flores-Delgadillo, L., Fedick, S.L., Solleiro-Rebolledo, E., Palacios-Mayorga, S., Ortega-Larrocea, P., Sedov, S., Osuna-Ceja, E.

2011 “A sustainable system of a traditional precision agriculture in a Maya home garden: soil quality aspects” en: *Soil and Tillage Research* 113, 112-120.

Frattini, F.

2014 “La degradación de los enlucidos antiguos: la importancia de los factores tecnológicos”, *IV jornadas del Foro Ibérico de la cal*, 8 de mayo

Folk, L. y S. Valastro Jr.

1979 “Radiocarbon Dating”. *Proc. 9th Intern. Conf.*, eds. R. Berger and H.E. Suess (University of California Press, Berkeley, 1979) p. 721.

Gallegos Gomara, Miriam Judith

1994 “Explotación de piedra caliza en el Petén campechano”, *Mayab*, 9, pp. 8-17

Gallegos Gómora, M. J. y R. Armijo Torres

2003 “Sistemas constructivos y materiales en la arquitectura de Comalcalco, Tabasco”, *XXV Convegno Internazionale di Americanistica-Peruggia 9, 10, y 11 maggio/Xalapa 21,22,23 y 24 ottobre*, en:

https://www.academia.edu/5128789/Sistemas_y_materiales_constructivos_en_la_arquitectura_de_Comalcalco_Tabasco

García, C.

2011 *La tecnología de la escultura arquitectónica modelada en estuco de la Sub II C-1: implicaciones sociales para el preclásico en Calakmul*, Mérida: Facultad de ciencias Antropológicas, Universidad Autónoma de Yucatán. Tesis de maestría.

García, Salvador; N. F.

2008 *Conservación y restauración de bienes arqueológicos*, Síntesis, Madrid.

Guillot, C.

2014 “The use of pozzolanic materials in Maya mortars: new evidence from Río Bec (Campeche, Mexico)”, *Journal of archaeological science* (14), pp 1-9.

2015 *L'art de bâtir a Río Bec*, Universidad de Montreal, Tesis doctoral. En preparación.

Goins, E.

2002. *Outline for determining the components of historic cementitious materials*. Report to the National Center for Preservation Technology and Training, Natchitoches.

Goins, E. y C.L. Reedy

2000. “Digital image analysis in microscopy for objects and architectural conservation” en: *Objects Specialty Group Postprints*, Vol 7. American Institute for Conservation Objects Specialty Group. Washington D.C. pp. 122-133

Goguitchaichvili, A.; A. M. Soler, E. Zanella, G. Chiari, R. Lanza, J. Urrutia-Fucugauchi, T. González.

2004 “Pre-Columbian mural paintings from Mesoamerica as geomagnetic field recorders” en: *Geophys. Res. Lett.*, Vol.31, No.12, L12607

González, L.

2009 “Etnotaxonomía nahua ligada a las deidades del panteón mesoamericano. Las plantas de Quetzalcóatl-Ehécatl entre los nahuas del norte de Guerrero” en: Estado del desarrollo económico y social de los pueblos indígenas de Guerrero, SIPIG-UNAM. Disponible en: http://www.nacionmulticultural.unam.mx/edespig/diagnostico_y_perspectivas/RECUADROS/CAPITULO%2013/2%20Etnotaxonomia%20nahua.pdf

Goodall, R. A.

2007 *Spectroscopic Studies of Maya Pigments*, Australia: School of Physical and Chemical Science, Queensland University of Technology, Tesis doctoral.

Grove, D. C.

1987 “Raw materials and sources” en: Grove, D. C (ed.), *Ancient Chalcatzingo*: Austin, University of Texas Press, 376-386.

Grove, D. C. y A. Cyphers Guillén

1987 “The excavations” en: Grove, D. C. (ed.), *Ancient Chalcatzingo*: Austin, University of Texas Press, 21-55.

Guasch, N.

2009 *Caracterització dels materials constitutius de les bases de preparació de les pintures murals a les terres baixes maies del nord (península de Yucatán, Mèxic)*, Universidad politécnica de Valencia, España, Tesis de máster.

Gutiérrez, M.C. y M. Droguet

2002 “La cromatografía de gases y la espectrometría de masas: identificación de compuestos causantes de mal olor” en: *Boletín Intexter* (U.P.C.), no. 122, pp 35-41.

Hale, J.; J. Heinemeier, L. Lancaster, A. Lindroos y Å. Ringbom

1997 “Dating Ancient Mortar” en: *American Scientist*, Volume 91.

Hanks, W. F.

2010, *Converting words: Maya in the age of the cross*. Berkeley: University of California Press.

Hansen, E.F., R. D. Hansen, y M. R. Derrick

1995 “Los análisis de los estucos y pinturas arquitectónicas de Nakbé: resultados preliminares de los estudios de los métodos y materiales de producción” en: *Memorias del VIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala* 1994: Guatemala, Museo Nacional de Antropología y Etnología, 456-470.

Hansen, E. F., C. Rodríguez-Navarro y R. Hansen

1997 “Incipient Maya burnt lime technology: characterization and chronological variations in Preclassic plaster, stucco and mortar at Nakbé, Guatemala” en: B. Vandivier, J. R.

Druzik, J. F. Merkel y J. Stewart (eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology V*, Materials Research Society, Pittsburgh: 207-216.

Hansen, Eric y Carlos Rodríguez-Navarro

2002 “Los comienzos de la tecnología de la cal en el mundo Maya: innovación y continuidad desde el Preclásico Medio hasta el Clásico Tardío en Nakbé, Petén, Guatemala” en: *XV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*: Guatemala, Museo Nacional de Antropología y Etnología, 183-187

Heinemeier J.; H. Jungner, A. Lindroos, A. Ringbom, T. von Konow y N. Rud

1996 “AMS 14C dating of lime mortar” en: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* vol123, pp 487-495.

Heinemeier, J.; Å. Ringbom, A. Lindroos, Á. E. Sveinbjörnsdóttir

2010 “Successful Ams 14c Dating Of Non-Hydraulic Lime Mortars From The Medieval Churches Of The Åland Islands, Finland” en: *RADIOCARBON*, Vol 52 (1), p 171–204

Hellmuth, N. M.

1987 *The Surface of the Underwaterworld: Iconography of the Gods of Early Classic Maya Art in Peten, Guatemala*. California: Foundation for Latin American Anthropological Research, dos volúmenes.

Hernández-Herrera, A.; A. Zermeño-González, R. Rodríguez-García, D. Jasso-Cantu

2006 “Beneficios del encalado total del manzano (*Malus domestica Borkh*) en la Sierra de Arteaga, Coahuila, México” en: *Agrociencia*, Vol 40, p 577-584

Houston, S.

2012 “Diadems in the Rough, Maya Decipherment” en:
(<http://decipherment.wordpress.com/2012/10/06/diadems-in-the-rough/>)

Hyman, D.

1970 *Pre-Columbian Cements*: Baltimore, Johns Hopkins. Tesis de maestría

Jáidar, Y.

2007 *Los extractos vegetales usados como aditivos en los morteros de cal con fines de conservación*: México, Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía, Tesis de licenciatura.

Johnson, W.C.

1983 “The physical setting: Northern Belize and Pulltrouser Swamp” en: B.L. Turner y Peter D. Harrison (eds.) *Pulltrouser Swamp: Ancient maya habitat, agriculture and settlement in northern Belize*. University of Texas Press, Austin.

Karkanas, P.

2007 “Identification of Lime Plaster in Prehistory Using Petrographic Methods: A Review and Reconsideration of the Data on the Basis of Experimental and Case Studies” en: *Geoarchaeology: An International Journal*, vol. 22(7), pp 775–796

Krekeler, M.P.S. y L.E. Kearns

2009 “A new locality of palygorskite-rich clay from the southeastern Yucatán: a potential material source for environmental applications” en: *Environmental Geology*, vol 58(4), pp 715-726.

Khokhlova, O.S., S.N. Sedov, A.A. Golyeva, A.A. Khokhlova

2001. Evolution of Chernozems in the Northern Caucasus, Russia during the second half of the Holocene: carbonate status of paleosols as a tool for paleoenvironmental reconstruction. *Geoderma* 104, 115e133.

Landa, Fray D. de

1959 *Relación de las Cosas de Yucatán*, edición electrónica de Christian Prager. (La numeración de páginas sigue la edición de Editorial Porrúa, Mexico)
(http://www.wayeb.org/resourceslinks/wayeb_ethnohistory.php)

Lanos, Ph.

2004 “Bayesian inference of calibration curves: application to archaeomagnetism”, en: *Tools for constructing chronologies: crossing disciplinary boundaries*, vol. 177, edited by C. Buck, and A. Millard, Springer-Verlag, London, pp. 43–82.

Lattman, A.G.; H.P. Schwarz y D.C. Ford

1986. “The paleomagnetism and U-Th dating of Mexican stalagmite, DAS2”. *Earth & Planet. Sci. Lett.*, 79, pp. 195-207.

Li, P-F; S. Harding; Z; Liu

2001 Cyanobacterial exopolysaccharids: their nature and potential Biotechnological applications, *Biotechnology and genetic engineering reviews*; Vol 18, pp 375-404.

Libros de Chilam Balam de Chumayel

2008 Revisión del texto maya por Domingo Dzul Poot y Juan Ramón Bastarrachea Manzano. Caracas: Fundación editorial el perro y la rana.
(http://www.pueblosindigenaspcn.net/biblioteca/literatura-indigena/doc_view/135-los-libros-de-chilam-balam-de-chumayel.html)

Limón Olvera, S.

2001 “El Dios del Fuego y la regeneración del mundo”, *Estudios de Cultura Náhuatl*, 32: 51-68, M. León Portilla (ed.). México: UNAM-IIH.

Littman, E. R.

1957. “Ancient Mesoamerican mortars, plasters and stuccos. Comalcalco part I” en: *American Antiquity*, vol 23, no. 2, 135-139.
- 1958a “Ancient Mesoamerican mortars, plasters and stuccos: the composition and origin of sascab” en: *American Antiquity*, vol 24, no. 2, 172-176.
- 1958b “Ancient Mesoamerican mortars, plasters and stuccos. Comalcalco part II” en: *American Antiquity*, vol. 23, no. 3, 292-296.
- 1959a “Ancient Mesoamerican mortars, plasters and stuccos. Las Flores, Tampico” en: *American Antiquity*, vol. 25, no.1, 117-119.
- 1959b “Ancient Mesoamerican mortars, plasters and stuccos. Palenque, Chiapas” en: *American Antiquity*, vol. 25, no. 2, 264-266.
- 1960a “Ancient Mesoamerican mortars, plasters and stuccos. The Puuc area” en: *American Antiquity*, vol. 25, no.3, 407-412.
- 1960b “Ancient Mesoamerican mortars, plasters and stuccos. The use of bark extracts” en: *American Antiquity*. vol 25, no. 4, 593-597.
- 1962 “Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: Floor Constructions at Uaxactún” en: *American Antiquity*, vol 28, no.1, 100-103.
- 1966 “The classification and analysis of ancient calcareous materials” en: *American Antiquity*, vol. 31, no. 6, 875-878.
- 1967 “Patterns in Maya floor construction” en: *American Antiquity*, vol. 32, no. 4, 523-533.
- 1979 “Preliminary Report on Plaster Floors at Cuello” en: *Cuello Project 1978 Interim Report*: New Brunswick, Archaeological Research Program, Douglass College, Rutgers University, 79-87
1990. “Observations on the Floors of Platforms 5D-1 and 5D-4 (Group 5D-2)” en: Coe, W.R. and Haviland, W.A (eds.), *Tikal Report No. 14. Excavations in the Great Plaza, North Terrace and North Acropolis of Tikal*: Philadelphia, University Museum, University of Pennsylvania.

López Ramírez, E. O.

- 2001 “Sobre los mapas mentales” en: Ernesto O. López Ramírez, *Los procesos cognitivos de la enseñanza y el aprendizaje: El caso de la psicología cognitiva y el aula escolar*. México, D. F.: Trillas. En: <http://www.mty.itesm.mx/rectoria/dda/pdhp/colaborativo/Mapasconceptuales.pdf>

López Austin, A.

1983 “El dios enmascarado del fuego”, *The Aztec Templo Mayor*, versión completa de la ponencia. Washington: Dumbarton Oaks. Mecanoescrito en Biblioteca de UNAM-IIA.

1993 “Tres recetas par aun aprendiz de mago”, *Ojarasca*, 19, pp. 19-39.

1995 “Tras un método de estudio comparativo entre las cosmovisiones mesoamericana y andina a partir de sus mitologías”, *Anales de Antropología*, 32:209-240. A.J.E. Daneels Verriest (ed.). México: UNAM-IIA.

López Austin, A. y L. López Lujan

2010 “El sacrificio humano entre los mexicas”, *Arqueología Mexicana*, 17(103): 24-33, E. Vela (ed.). México: Editorial Raíces S.A. de C.V.

López Ramos, E.

1974 *Estudio geológico de la Península de Yucatán*. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol. XXV (1-3).

Lotman, I (traducción del ruso por Desiderio Navarro).

1993 “La semiótica de la cultura y el concepto de texto” en: *Escritos*, Revista del centro de Ciencias del Lenguaje, no. 9, pp 15-20.

Lindqvist, J. E. y M. Sandström

2000 “Quantitative análisis of historical mortars usingoptical microscop” en: *Materials and Structures/Matériaux et Constructions*, Vol.33, pp612-617.

Lindqvist, J. E. y S. Johansson

2007 “Aggregate shape and orientation in historic Mortars” en: *11th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials*, 5-9 June, Porto, Portugal

MacKenzie, W.S: y C. Guilford

1980 *Atlas of Rock-forming minerals in thin section*: Paris, Masson.

Magaloni, D.

1985 “Análisis de la Técnica Pictórica Prehispánica: El Templo Rojo, Cacaxtla” en: *Omnia*, vol. 6, no. 20, 35-42. Magaloni, Diana

1995 “ El espacio pictórico teotihuacano. Tradición y técnica” en: de la Fuente, Beatriz y L. Staines (eds.), *La pintura mural prehispánica en México. Teotihuacan. Vol I.*: México, Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México, 187-226

1996 *Materiales y técnicas de la pintura mural maya*, Tesis de Maestría en Historia del Arte. México: UNAM-FFyL.

1998 “El arte en el hacer: Técnica pictórica y color en las pinturas murales de Bonampak” en: De la Fuente, Beatriz (coord.) *La pintura mural prehispánica en México. Bonampak. Vol. II*: México, UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, 49-80.

2001 “Materiales y técnicas de la pintura mural maya” en: De la Fuente, Beatriz (coord.) *La pintura mural prehispánica en México. Área maya. Vol.II*: México, UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, 155-198.

2008 “ Los colores de la selva: procedimientos, materiales y colores en la pintura mural maya” en: *Arqueología Mexicana*, vol.16, no. 93, 46-50.

Magaloni, D.; T. Falcón, J. Cama, R. W. Siegel, R. Lee, R. Pancella, L. Baños y V. Castaño

1992 “Electron microscopy studies of the chronological sequences of Teotihuacan plaster technique” en: P. Valdivier, J. Druzik, G. Wheeler e I. Freestone (eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology III*: Pittsburg, Materials Research Society, 997-1005.

Magaloni, D.; R. Newman, V. Castaño, R. Pancella, Y. Fruh

1995 “An analysis of Mayan painting techniques at Bonampak, Chiapas, México”. en: P. Vandivier, J. Druzik, J. Galván, I. Freestone y G. Wheeler (eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology IV*: Pittsburg, Materials Research Society 352, 381-388.

Magaloni, D., R. Pancella, Y. Fruh, J. Cañetas, V. Castaño

1995 “Studies on the Maya mortars technique” en: P. Vandivier, J. Druzik, J. Galván, I. Freestone y G. Wheeler (eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology IV*: Pittsburg, Materials Research Society, 483-489.

Magar, V.

2013 “El uso de la cal en conservación: la experiencia internacional” en: Barba y Villaseñor (eds), 2013.

Mandujano Sánchez, A.; L. Camarillo Solache y M. A. Mandujano

2003 “Historia de las epidemias en el México antiguo. Algunos aspectos biológicos y sociales” en: *Casa del Tiempo*, Abril, 2003, publicación electrónica.
<http://www.difusioncultural.uam.mx/revista/abr2003/index.html>

Martin, S.

2008 “Wives and Daughters on the Dallas Altar,” publicado en 2008 en *Mesoweb*:
www.mesoweb.com/articles/Martin/Wives&Daughters.pdf.

Martin, S. y N. Grube

2002 *Chronicle of the Maya Kings and Queens: Deciphering the Dynasties of the Ancient Maya*. New York, Thames & Hudson.

Martínez-Hernández, E.; R. Corona-Esquivel; E. Ramírez-Arriaga; A. Morales-Insunza

2005 “Edad y ambiente sedimentario asociado al yacimiento “El Palotal”, distrito de Almagres, estado de Veracruz”, AIMMGM XXVI Convención internacional de minería, Veracruz, Veracruz, octubre 12-15.

Martínez, R.; Gragera, R.

2008 *Fundamentos teóricos y prácticos de la histoquímica*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España.

Matteini, M; A. Moles

2001 *Ciencia y restauración. Método de investigación*. España, Nerea

2004 *La chimica nel restauro. I materiali dell'arte pittorica*. Nardino, Florencia.

Mathews, J.

2001 “Radiocarbon Dating of Architectural Mortar: A Case Study in the Maya Region, Quintana Roo, Mexico” en: *Journal of Field Archaeology*, 28(3-4), pp 395-400.

Mathews, P. y P. Bíró

2006 *Diccionario de jeroglifos mayas*. Dibujos por John Montgomery. En:

http://research.famsi.org/mdp/spanish/mdp_index.php

Maurenbrecher, P.

2004 “Mortars for repair of traditional masonry” en: *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, vol 9(2), pp 62-65

McVey, L.

1998 *A Characterization and analysis of the floor plasters from the acropolis at Copan*: Pennsylvania, Graduate program in Historic Preservation, University of Pennsylvania. Tesis de maestría

Melgar, E; E. Gallaga, R. Solís

2014 “La pirita y su manufactura: Análisis de cuatro contextos mesoamericanos”, *Estudios de Cultura Maya*, vol XLII, pp 41-68.

Melgarejo Moreno, P.

2000 *Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas*, A. Madrid Vicente ediciones-Mundi prensa, Madrid.

Méndez Martínez, J. L.

2011 *Caos-Nixtamal: Materia y energía de una técnica alimentaria mesoamericana. Perspectivas de la antropología energética y la historia material*, Tesis de Maestría en Antropología Social. México: CIESAS.

Michniewicz, J.; D. Nawrocka, A. Pazdur y M. Zurakowska

2007 “Issue of actual chronology of a romanesque chapel at the wlen castle (Lower Silesia, Poland) in the light of mortar radiocarbon dating” en: *GEOCHRONOMETRIA* 26, pp 31-33

Middleton, W. D.; L. Barba, A. Pecci A., J. H. Burton, A. Ortiz, L. Alvini y R. Rodríguez Suárez

2009 Study of archaeological floors: methodological proposal for the analysis of anthropogenic residues by spot tests, ICP-OES, and GC-MS” en: *Journal of Archaeological Method and Theory*, vol. 17, 183–208.

McIntosh, G. y G. Catanzariti

2006 “An introduction to archaeomagnetic dating”, en: *GEOCHRONOMETRIA* Vol. 25, pp 11-18,

Morris, E. H., J. Charlot y A.A. Morris

1931 *The Temple of the Warriors at Chichen Itzá, Yucatán*: Carnegie Institute of Washington, Washington.

Mueller, U. y E.F. Hansen

2001. “Use of digital image analysis in conservation of building materials” en: *Proceeding of the 8th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials*. Athens pp. 603-610.

Nalda, E.

1998 "La Arqueología del Sur de Quintana Roo: los problemas por resolver y los enfoques por adoptar", en *Memorias del Tercer Congreso Internacional de Mayistas*. Chetumal, 1995. UNAM. pp. 743-751.

2000a. “Algunas Consideraciones sobre el Desarrollo Prehispánico de la Bahía de Chetumal”. *Arqueología*, No. 23. pp 51-60.

2000b. “Dzibanché: un primer acercamiento a su complejidad” en: Velázquez Morlet, Adriana (coord), *Guardianes del tiempo*, México, UQROO-INAH, pp 5-14.

2002 "La secuencia de ocupación de Kohunlich". *Los Investigadores de la Cultura Maya*, 10. Tomo I. Universidad Autónoma de Campeche. pp. 201-206

2004a “Dzibanché: el contexto de los cautivos” en: Nalda, E. (Ed.), *Los Cautivos de Dzibanché*.: México, INAH-CONACULTA.

2004b."Prácticas funerarias en Dzibanché: los entierros en el Edificio de Los Cormoranes". *Arqueología* 31. CONACULTA-INAH.

2008 “Un horno de cal en la Hacienda Calderón”en: *Arqueología* 37:108-121. INAH.

Nalda, E. y J. López Camacho

1995 “Investigaciones arqueológicas en el sur de Quintana Roo” en: *Arqueología Mexicana*, vol. III, no. 14, 12-25

Nalda, E. y S. Balanzario

2005 “Kohunlich y Dzibanché. Los últimos años de investigación” en: *Arqueología Mexicana*, vol. XIII, no. 76, 42-47.

2007. “Dzibanché y Teotihuacán: Presencias y ausencias” en Patricia Fournier, Walburga Wiesheu y Thomas H. Charlton (Coords) *Arqueología y Complejidad Social* :107-128. INAH-ENAH.

2008a. “El Edificio E-2, la dinastía Kaan y el *kalomte* del edificio E-6.” en: VI Mesa Redonda de Palenque: Arqueología, imagen y texto: México, INAH, (en prensa).

2008b. Un estilo arquitectónico peculiar en Dzibanché y su posible correlato territorial, en *El territorio maya* (Rodrigo Liendo Stuardo, coord.): 303-321. INAH

2010 “Contextos funerarios tempranos en Kohunlich” en *Arqueología*, no.41 [Ponencia presentada en Coloquio de la División de Posgrado de la ENAH. Mayo, 2007].

2014 “El estilo Río Bec visto desde Dzibanché y Kohunlich” en *Journal de la Société des américanistes*, Vol 100 (2), pp 179-209.

Nalda, E.; L.E. Campaña

1998 “Dzibanché: una alternativa de interpretación del patrón de asentamiento del sur de Quintana Roo” en Trejo, S. (de), *Modelos de entidades políticas mayas*, INAH, México

Nalda, E., L.E. Campaña y J. López Camacho

1994 “Sur de Quintana Roo: Dzibanché y Kinichná”, en *Arqueología Mexicana*. Vol II, Núm. 10. INAH-Editorial Raíces. México. pp. 14-19.

Nalda, Enrique; Samuel Tejeda; Aadriana Velázquez y Graciela Zarazúa.

1999 “Paleodieta en Dzibanché y Kohunlich: Diferencias y Tendencias Preliminares. *Arqueología*, No. 21. CONACULTA – INAH. pp. 35-44. 1999

Nalda, E.; S. Balanzario y E.S. Jacinto

en prensa *Informe de la Temporada de Campo 2008-2009. Proyecto arqueológico Dzibanché-Kohunlich*. INAH.

Nawrocka D; J. Michniewicz, J. Pawlyta, A. Pazdur

2005 “Application of radiocarbon method for dating of limemortars” en: *Geochronometria*, vol 24,pp109–15

Navarrete, F.

1999 “Las fuentes indígenas más allá de la dicotomía entre historia y mito”, *Estudios de Cultura Náhuatl*, 30:231-256, M. León Portilla (ed.). México: UNAM-IIIH

Nondédéo, P., J. Patrois, A. Lacadena, M. C. Arnauld, E. Taladoire y D. Michelet

2010 “De la autonomía política y cultural de la provincia de Río Bec”, *Estudios de Cultura Maya*, 36, pp 37-66

Ortega L.A, Zuluaga MC, Alonso-Olazabal A, InsaustiM, Ibañez A.
2008 “Geochemical characterization of archaeological lime mortars: provenance inputs”
en: *Archaeometry* vol50(3), pp 387–408

Ortega, L. A.; M. Cruz Zuluaga, A. Alonso-Olazabal, X. Murelaga, M. Insausti, A. Ibañez-Etxeberria
2010 “Historic Lime-Mortar Radiocarbon Dating of Santa María la Real (Zarautz, Northern Spain): Extraction of Suitable Grain Size for Reliable 14C Dating” en:
RADIOCARBON, Vol 54, p 23–36

Ortiz Ruíz, M. S.
2014a “Los hornos para cal en el área Maya: caracterización de una tecnología prehispánica” en: *SAA's 79th Annual Meeting*, General Session Mesoamérica, 27 de abril.

2014b *Caracterización de las estructuras anulares de la región occidente de las tierras bajas mayas*, Colegio de Michoacán, Michoacán, Tesis de Maestría.

Pereira, S; A. Zille; E. Micheletti; P. Morados; R. de Philippis; P. Temagnini.
2009 Complexity of cyanobacterial exopolysaccharids: composition, structure, inducing factors, and putative genes involved in their biosynthesis and assembly, *FEMS Microbiol. Rev.* Vol 33, pp 917-941

Pesce, G. L. A. y Ball, R. J.,
2012 “Dating of Old Lime Based Mixtures with the "Pure Lime Lumps" Technique” en:
Nawrocka, D. M., ed. *Radiometric Dating*. InTech.

Philppots, A.R.
1989 *Petrography of igneous and metamorphic rocks*, New Jersey, Prentice Hall.

Primo Yúfera, E.
2007 *Química orgánica básica aplicada: de la molécula a la industria*. Vol II, Reverte, Valencia.

Prinsen, P.
2010 *Composición química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas*. Universidad de Sevilla, Tesis de Máster

Proskuriakoff, T.
1999 “En la cresta de la ola” en: *Historia maya*, capítulo 11, Tatiana Proskuriakoff.
México: Siglo XXI.

Raith, M; P. Rasse y J. Reinhardt
2011 *Guide to thin section microscopy*. Otenido en 2015 de Mineralogical society of America, open acces publications:
http://www.minsocam.org/msa/openaccess_publications/#Guide

Ramírez-Vázquez, M.

2012 *Biodeterioro algal en monumentos históricos mayas de la zona tropical húmeda: Palenque, Yaxchilán y Bonampak (Chiapas, México)*, Tesis de doctorado, Universitat de Barcelona, Barcelona.

Reedy, Chandra L.

1994 “Thin-Section Petrography in Studies of Cultural Materials” en: *Journal of the American Institute for Conservation*, Vol. 33, No. 2, pp. 115-129

2006 “Review of Digital Image Analysis of Petrographic Thin Sections in Conservation” en: *Journal of the American Institute for Conservation*, Vol. 45, No. 2, pp. 127-146.

Reedy, C.; S. Kamboj

2004 *Image análisis of petrographic thin sections in deterioration and preservation studies*, National Center for Preservation Technology and Training, Delawer.

Renau, J. Y M. Faura

1994 Principios básicos del microscopio electrónico de barrido

RILEM TC 167-COM: CHARACTERIZATION OF OLD MORTARS

2000 “COM-C1 Assessment of mix proportions in historical mortars using quantitative optical microscopy” en: *Materials and Structures/Matériaux et Constructions*, Vol. 34, August-September 2001, pp 387-388.

Ringle, W. M.

2007[1996] Traducción de “*Birds of a Feather: The Fallen Stucco Inscription of Temple XVIII, Palenque, Chiapas.*” Eighth Palenque Round Table, 1993, pp. 45-61, M.J. Macri y J. McHargue (coords). San Francisco: Pre- Columbian Art Research Institute.
(www.mesoweb.com/pari/publications/RT10/Aves.pdf.)

Rivera Dorado, M.

1995 “Símbolos del Popol Vuh”, *Religión y sociedad en el área maya*, pp- 249-263, C. Varela Torrecilla, J.L. Bonor Villarejo, M.Y. Fernández Marquínez (coords.). Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas.

Robles, A. y M. Encuentra

2012 “Informe de Restauración”, Proyecto de trabajo en campo en Dzibanché 2012. Sandra Balanzario, directora del Proyecto arqueológico. Informe de trabajo no publicado, Centro INAH Quintana Roo.

Rodriguez-Navarro, C.; E. Ruiz-Agudo, M. Ortega-Huertas y E. Hansen

2005 *Nanostructure and irreversible colloidal behavior of Ca(OH)₂: Implications in cultural heritage conservation*. Langmuir, 21, 10948-10957

Ruiz de Alarcón, J.

1629 Tratado de las supersticiones y costumbres gentílicas que hoy viven entre los indios naturales de esta Nueva España. (Notas, comentarios y un estudio de Francisco del Paso y Troncoso). Disponible en: http://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/tratado-de-las-supersticiones-y-costumbres-genticas-que-hoy-viven-entre-los-indios-naturales-de-esta-nueva-espana--0/html/cf187f38-7e62-49f7-bcf3-71d3c710fe4e_2.htm#PagInicio

Russell, B. W.; B. N. Dahlin

2007 “Traditional burnt-lime production at Mayapán” en: *Journal of Field Archaeology* (32): 407-423.

Sánchez del Río, M, P. Martinetto, A. Somogyi, C. Reyes-Valerio, E. Dooryhe, N. Peltier, L. Alianelli, B. Moignard, L. Pichon, T. Calligaro, J.-C. Dran.

2004 “Microanalysis study of archaeological mural samples containing Maya blue pigment” en: *Spectrochimica Acta Part B*, vol. 59, 1619-1625

Saurí Peris, M. del C.

2007 Desarrollo de métodos voltamperométricos para la identificación de pigmentos en objetos artísticos y arqueológicos. Servei de Publicacions-Universidad de Valencia: Valencia, tesis doctoral, 2007.

Schnabel, L.

2009 “Mortar Analysis Part2: Analytical Methods” en: Practice Points, No 7, APT Bulletin40, no. 2, pp 1–7.

Schreiner, T.

2001 “Fabricación de cal en mesoamérica: implicaciones para los mayas del preclásico en Nakbe, Petén” en *XIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, 2000 (editado por J.P. Laporte, A.C. Suasnívar y B. Arroyo), pp.356-368. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala (versión digital).

2002 *Traditional Maya Lime Production: Environmental and Cultural Implications of a Native American Technology*: Berkeley, Department of Architecture, University of California, Tesis doctoral.

2003. “Aspectos rituales de la producción de cal en Mesoamérica: evidencias y perspectivas de las Tierras Bajas Mayas”. Paper presented at *Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, Museo Nacional de Antropología y Etnología, Ciudad de Guatemala, pp 480-487.

Secretaría de Salud

2001 *Programa de Acción: Enfermedades transmitidas por vectores*. Secretaría de Salud, México.

Sedov, S.; E. Solleiro-Rebolledo, F.L. Fedick, T. Pi-Puig, E. Vallejo-Gómez, M.L. Flores- Delgadillo

2008 “Micromorphology of a soil Catena in Yucatán: pedo- genesis and geomorphological processes in a tropical Karst Landscape”. En: Kapur, S., Mermut, A., Stoops, G. (Eds.), *New Trends in Soil Micromorphology.*: Berlin, Springer, pp. 19-37.

Sedov, S y L. Beramendi

2013, Comunicación personal.

Scholle, P.A.; N.P. James, J.F. Read

1989 *Carbonate Sedimentology and Petrology*, American Geophysical Union, Shot courses in Geology, vol 4.

Silva Velázquez, Y.; C. A. Peraza Lopez, J. P. Bautista Mosqueira y J. Arenas Alatorre

2004 “Caracterización fisicoquímica de pigmentos y soportes en pinturas murales: caso Mayapán, Yucatán” en: Mendoza, Demetrio, Jesús Arenas-Alatorre, José Luis Ruvalcaba, Ventura Rodríguez (eds.), *La ciencia de materiales y su impacto en la arqueología*, vol III: México, Innovación Editoriales Lagares.

Silverstein, J.E., D. Webster, H. Martínez, A. Soto

2009 “Rethinking the great earthwork of tikal:a hydraulic hypothesis for the classic maya polity”, *Ancient Mesoamerica*, vol 20, pp45-58

Soler Arechalde, A. M.; L. Beramendi Orozco; G. González Hernández

2010 “Cronología de teopanazgo: combinación de dataciones por arqueomagnetismo y 14C”. *Reunión anual Unión Geofísica Mexicana*, Linda Manzanilla (coord.) Simposio Especial Estudios Arqueométricos del Proyecto Teopanazgo en Teotihuacan, 7-12 de noviembre.

Soler-Arechalde, A. M.; F. Sánchez, M. Rodríguez, C. Caballero-Miranda, A. Goguitchaishvili, J. Urrutia-Fucugauchi, L. Manzanilla, and D. H. Tarling

2006. “Archaeomagnetic investigation of oriented pre-Columbian lime-plasters from Teotihuacan” en: *Mesoamerica Earth Planets Space*, Vol. 58 (No. 10), pp. 1433-1439.

Stone, A. y M. Zender

2011 *Reading Maya Art. A hieroglyphic Guide to Ancient Maya Painting and Sculpture*. Londres: Thames and Hudson.

Stoops, G. J.

2001 *Guidelines for Soil thin section description*, Lecture notes prepared for 5th intensive course on soil micromorphology, Socrates Erasmus, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Straulino, L.

2010 *Fluoruro de sodio: ¿Una alternativa para la conservación de piedra caliza disgregada a través de la remineralización? El caso de la cornisa del edificio 5N2 del Grupo A en Río Bec, Campeche*, tesis de licenciatura en Restauración,

México, ENCRyM.

2011 *Materiales constitutivos, técnica de manufactura y problemática de deterioro. Estucos de Dzibanché (Plaza Pom y Templo 2). Informe parcial*: México, Centro INAH Quintana Roo. Informe de trabajo no publicado.

Straulino, L.; S. Sedov; D. Michelet; S. Balanzario

2013 “Weathering of carbonate materials in ancient Maya constructions (Río Bec and Dzibanché): Limestone and stucco deterioration patterns” en: *Quaternary International*, vol 315, pp 87-100

Tarling, D.H.

1983 *Paleomagnetism. Principles and application in geology, geophysics and archaeology*. London, Chapman and Hall.

Terry, R.; F. Fernández, J. J. Parnell y T. Inomata

2004 “The story in the floors: chemical signatures of ancient and modern Maya activities at Aguateca, Guatemala” en: *Journal of Archaeological Science* vol. 31, no. 9, 1237-1250.

Templeton, D.W.; M. Quinn; S. Van Wychen; D. Hyman; L.M.L. Laurens

2012. “Separation and quantification of microalgal carbohydrates”, *Journal of Chromatography*, vol 1270, pp.225-234.

Thiemer-Sachse, U.

2000 “Sobre higiene y medicina entre los zapotecas durante la época de la conquista española”, *Indiana*, 16, 185-210, Sabine Dedenbach-Salazar Sáenz et al (consejo editorial). Berlin: Ibero-Amerikanisches Institut

Tokovinine, A. A.

2008 *The Power of Place: Political Landscape and Identity in Classic Maya Inscriptions, Imagery, and Architecture*, Tesis de doctorado en Antropología, Cambridge, Massachussets: Harvard University.

Torraca, G.

2009 *Lectures o Material Science for architectural conservation*. Getty Conservation Institute, Los Ángeles.

Universidad Nacional Autónoma de México

1992 Carta geológica capítulo 7. Instituto de geología, UNAM. en: <http://www.geologia.unam.mx>

Urrutia-Fucugauchi, J.

1975 “Investigaciones Paleomagneticas y arqueomagnéticas en México”, en *Anales del Instituto de Geofísica*, no. 21, UNAM, México, 27-34 pp.

1996. "Paleomagnetic study of the Xitle-Pedregal de San Angel lava flow, southern Basin of Mexico", *Physics of the Earth and planetary Interiors*, v. 97, pp. 177-196.

Urrutia-Fucugauchi, J. y A. Martin del Pozzo

1993. "Implicaciones de los datos paleomagnéticos sobre la edad de la Sierra de Chichinautzin, cuenca de México", *Geofísica Internacional*, v. 32, p.523-533

Urrutia-Fucugauchi, J.; Gonzalez, T.

2004 "Pre-Columbian mural paintings from Mesoamerica as geomagnetic field recorders" en: *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 31, No. 12, L12607

Van Strydonck M., M. Dupas and M. Dauchot-Dehon

1986 "Isotopic fractionation of carbon during CO2 absorption by mortar" en: *Radiocarbon* 28, 1986 691-7,

Vázquez de Agredos Pacual, M. L.

2004a " Selva y pintura maya: paradojas del entorno natural" en: *Restauración y Rehabilitación*, vol. 93, 66-71.

2004b "Las bases de preparación de la pintura mural maya: el papel de las recetas técnicas en el marco de la conservación y las creencias", *Actas del XV Congreso de conservación y restauración de bienes culturales*, Murcia 21-24 de octubre, Vol I, pp 481-491

2007 "Los colores y las técnicas de la pintura mural maya" en: *Anales del museo de América*, vol. 15, 55-66

2010 *La pintura mural maya. Materiales y técnicas artísticas*, Mérida: Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales-UNAM

Vázquez, G. y O. Echeverría

2000 *Introducción a la microscopía electrónica aplicada a las ciencias biológicas*. México: FCE-UNAM

Vázquez, X. y M. Villegas

1993 *Los estucos modelados del Palacio y del Templo de las Inscripciones de Palenque: Una metodología de análisis para la técnica de manufactura*: México, Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía, tesis de licenciatura.

Veiga, R.; J. Aguilar, A. Santos, F. Carvalho

2001 "Methodologies for characterisation and repair of mortars of ancient buildings" en: *International Seminar Historical Constructions*, Universidade do Minho, Guimaraes.

Velásquez, E.

2004 "Los Escalones Jeroglíficos de Dzibanché" en: Nalda, E. (Ed.), *Los Cautivos de Dzibanché*: México, INAH-CONACULTA.

2006 “The Maya Flood Myth and the Decapitation of the Cosmic Caiman”. The PARI Journal 7(1):1-10. (www.mesoweb.com/pari/publications/journal/701/Flood_e.pdf).

2008 “En busca de Testigo Cielo (ca. 561-572 d.C.): el punzón de hueso del Edificio de los Cormoranes de Dzibanché” en: *Memoria de la Sexta Mesa Redonda de Palenque*: México, INAH.

2009 “Terminología arquitectónica en los textos jeroglíficos mayas y nahuas”, *La arquitectura precolombina en Mesoamérica*, pp265-288, María Teresa Uriarte. Milano: CONACULTA-INAH-JacaBook.

Velásquez, J. L.

1993 “Aspectos constructivos durante el Preclásico en Nakbe, y su cerámica asociada”.en Juan Pablo Laporte, Héctor Escobedo, y Sandra Villagrán de Brady (eds.), *VI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, 1992, Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala,1993, pp.108-112.

Velázquez Morlet, A.

2000 “Historias de olvido y de recuerdo. Una introducción a la arqueología del sur de Quintana Roo” en Adriana Velázquez (coord), *Guardianes del tiempo*, México, UQROO-INAH, pp 5-14.

Verrecchia, E.P., K.E Verrecchia

1994. “Needle-fiber calcite: a critical review and a proposed classification”, *Journal of Sedimentary Research* 64, 650e664.

Villaseñor, I.

2009 *Lowland Maya lime plaster technology: a diachronic approach*. Doctoral thesis, UCL (University College London).

2010 *Building materials of the ancient Maya. A study of archaeological plasters*: Saarbrucken, Lambert.

Villaseñor, I. y J. Aimers

2009a “Una de cal por las que van de arena: un estudio diacrónico de los estucos de Calakmul y Palenque” en: *Estudios de Cultura Maya*, vol XXXIII, 25-50.
Villaseñor, Isabel, Martha Cuevas García y Luis Barba Pingarrón

2009b “Indicadores de actividad ritual en los templos del Grupo de las Cruces de Palenque, Chiapas” en: *Memorias del XXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 21-26 de julio 2008*: Guatemala, Museo Nacional de Antropología y Etnología.

Villaseñor, I. y E. Graham

2010 “The use of volcanic materials for the manufacture of pozzolanic plasters: A preliminary report” en: *Journal of Archaeological Science*, vol 37, 1339-1347.

Villaseñor, I. y L. A. Barba.

2011. "El estudio de materiales constructivos en la arqueología mesoamericana" en: *Anales de Antropología*, vol. 45, 79-98.

Villegas, M.; X. Vázquez, D. Ríos, L. Baños y D. Magaloni

1995 "Relative Dating of the Stucco Relieves at Palenque, Chiapas, Based on Variation of Material Preparation", en: P. Vandivier, J. Druzik, J. Galván, I. Freestone y G. Wheeler (eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology IV*, Pittsburg, Materials Research Society 352, 469-481.

Webster McBryde, F.

1969 *Geografía Cultural e Histórica del Suroeste de Guatemala*, Tomo I, Gutemala, José Pineda Ibarra, 1969, p. 643.

Webster, D. y J. Kirker

1995 "Too many Maya, too few buidlings: investigating construction potential at Copán, Honduras", en: *Journal of Anthropological Research*, vol 51, no. 4, 363-387.

Wolfman, D., A

1973 *Re-evaluation of Mesoamerican chronology: AD 1-1200*, University of Colorado, Ph.D. Thesis.

Weigand, P. C.

1968 "The mines and mining techniques os the Chalchihuite culture", *American Antiquity*, vol. 33 (1), pp 45-61

Welch, J.R.

1991 "The Canyon Creek turquoise mine, Arizona", *KIVA*, vol. 56 (2), pp 145-164.

Wolfman, D.

1990 "Mesoamerican chronology and archaeomagnetic dating, AD 1-1200" en: *Archeomagnetic dating*, Eighmy, Jeffrey y Stenberg Editores, Tucson, USA, The University of Arizona Press, pp. 261-391.

Zetina, S.

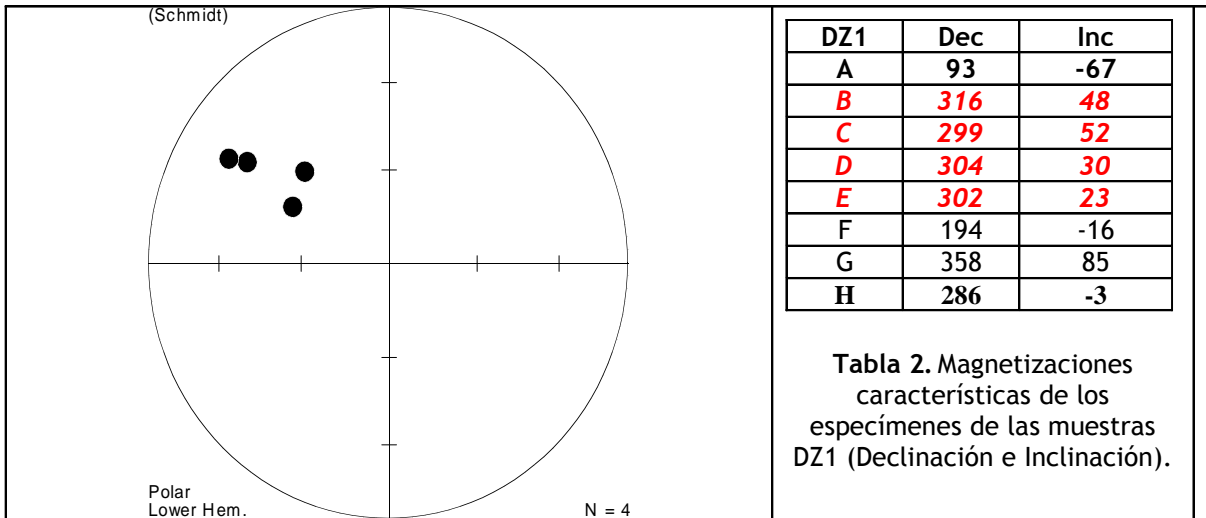
2008 *Análisis de la técnica de manufactura de los mascarones de estuco del Edificio A-1 y B-4 de Kohunlich, Quintana Roo*, México: Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía, tesis de licenciatura.

ANEXOS

ANEXO 1. DATACIÓN ARQUEOMAGNÉTICA EN LAS ESTRUCTURAS DE DZIBANCHÉ

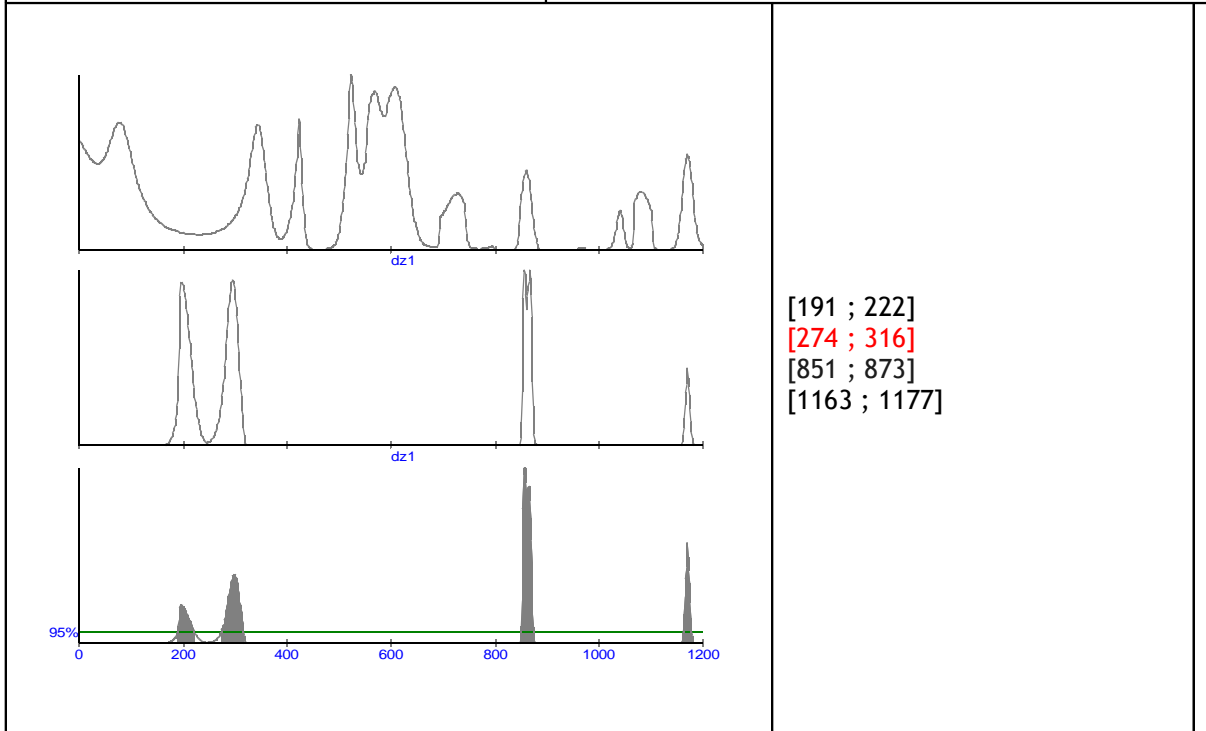
Dra. Ana M. Soler y Rest. Dictaminador Luisa Straulino

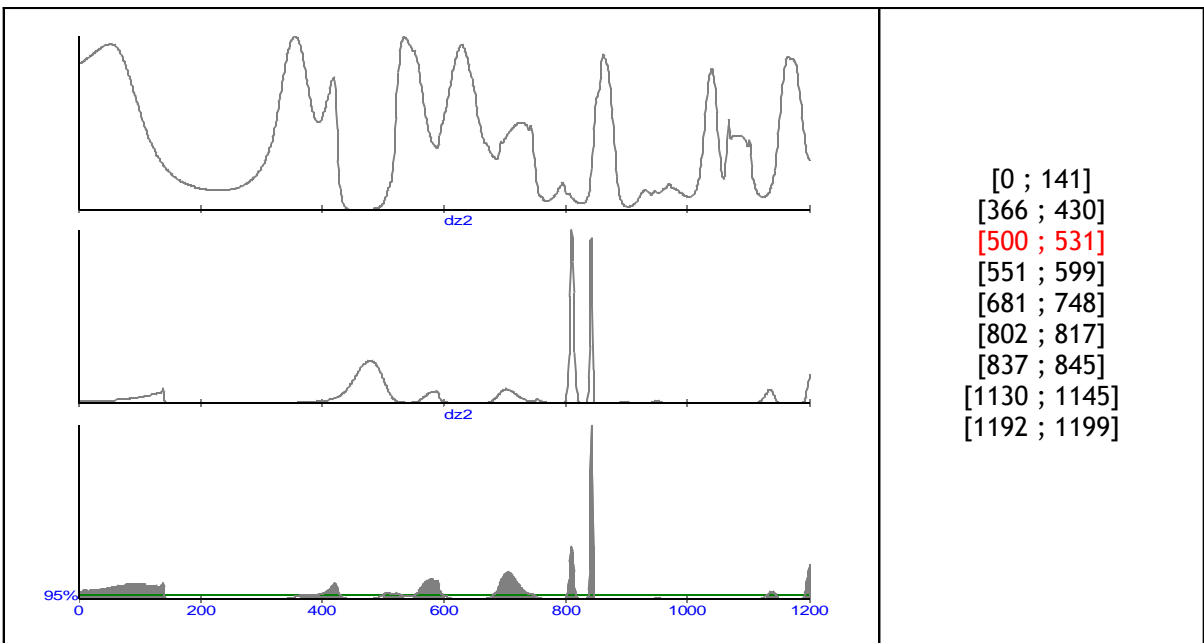
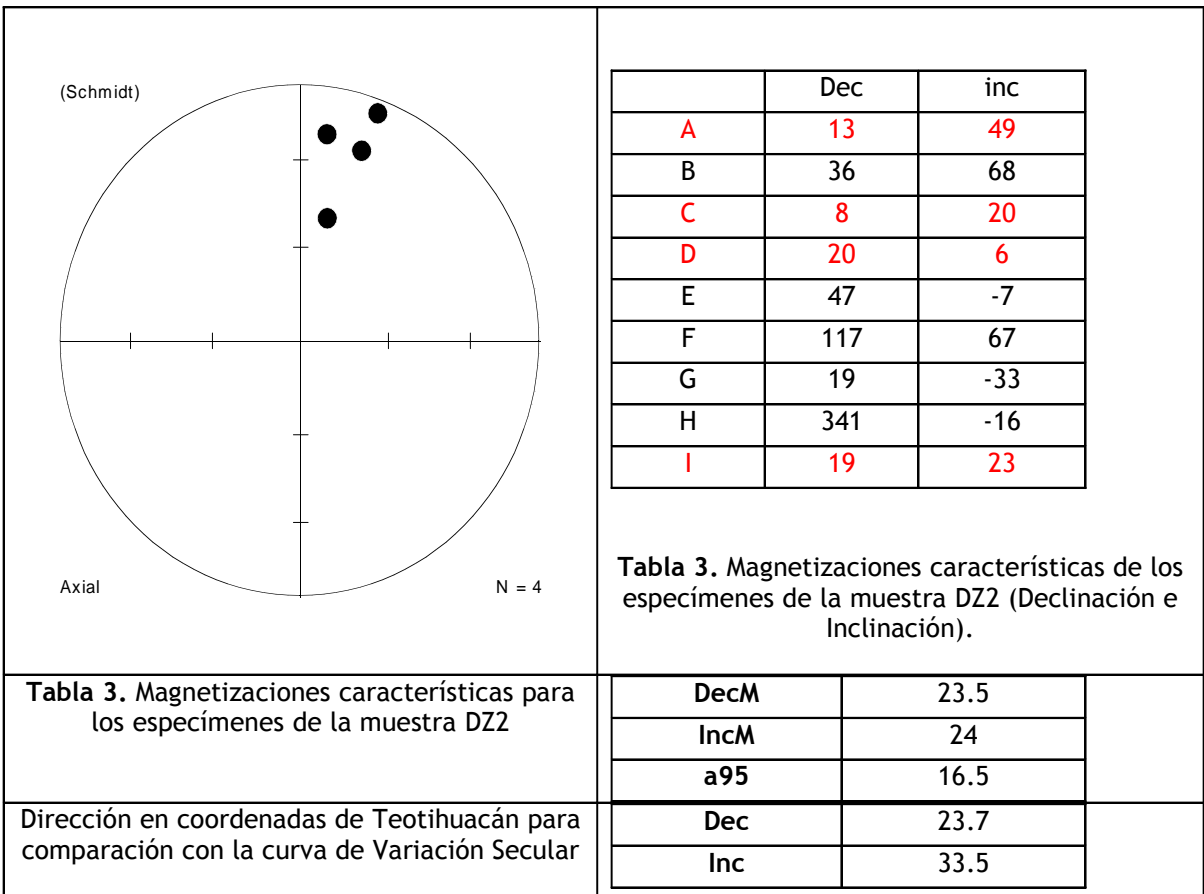
A continuación se muestran tablas con todos los datos obtenidos por arqueomagnetismo. En rojo se señalan Las muestras de cada edificio que arrojaron datos útiles para el análisis. Los demás fueron desechados por tener inclinaciones negativas o por éstas muy lejanas a los otros datos. Las gráficas redondas indican la dispersión de los datos en el polo norte. DecM e IncM indican las medias de la inclinación y la declinación obtenidas a partir de las muestras y el a95 indica el error de los datos en un 95% de probabilidad. Las gráficas inferiores muestran dónde se cruzan la inclinación y la declinación obtenidas en las muestras con la curva de variación secular y la última dónde aparecen juntas, lo que resulta en los intervalos de edades posibles.

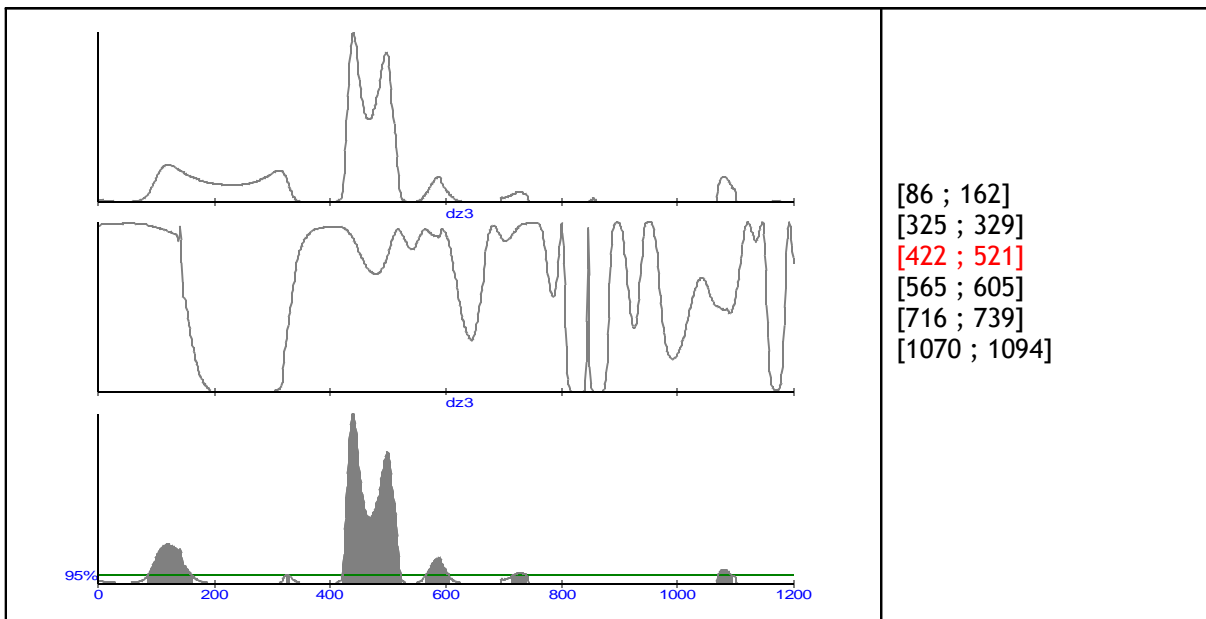
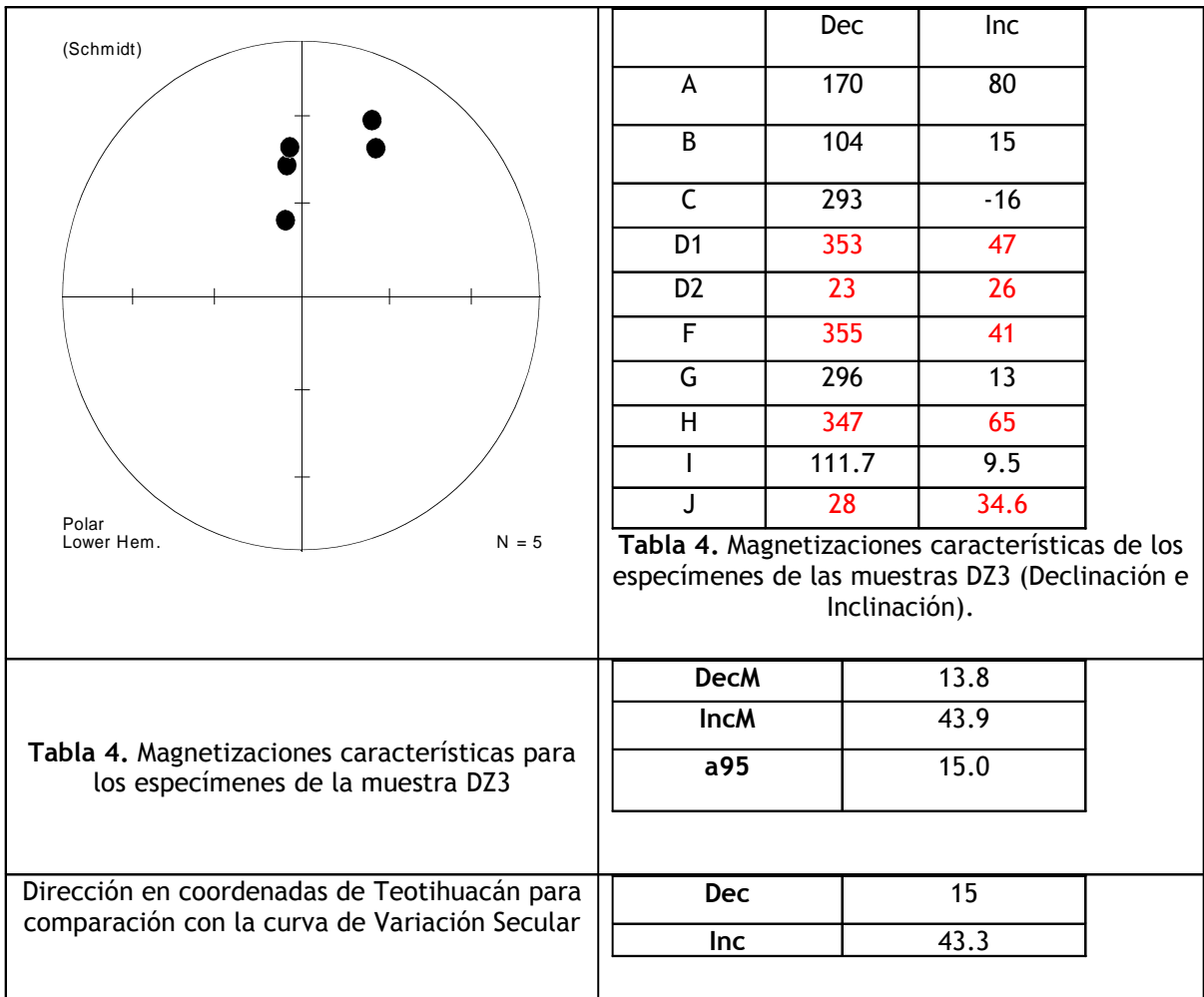


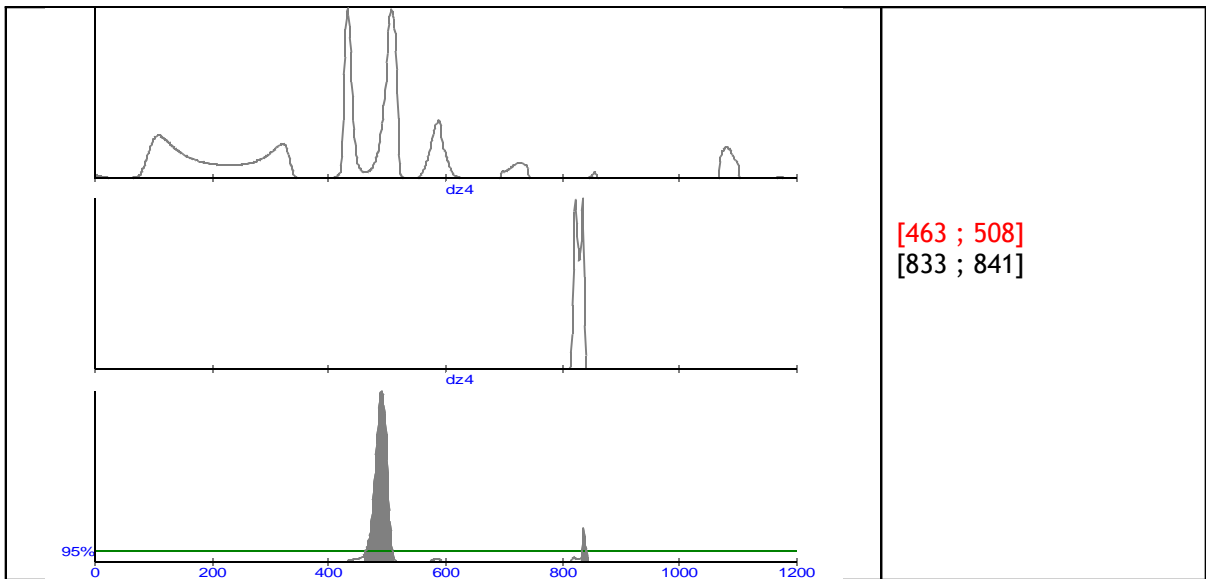
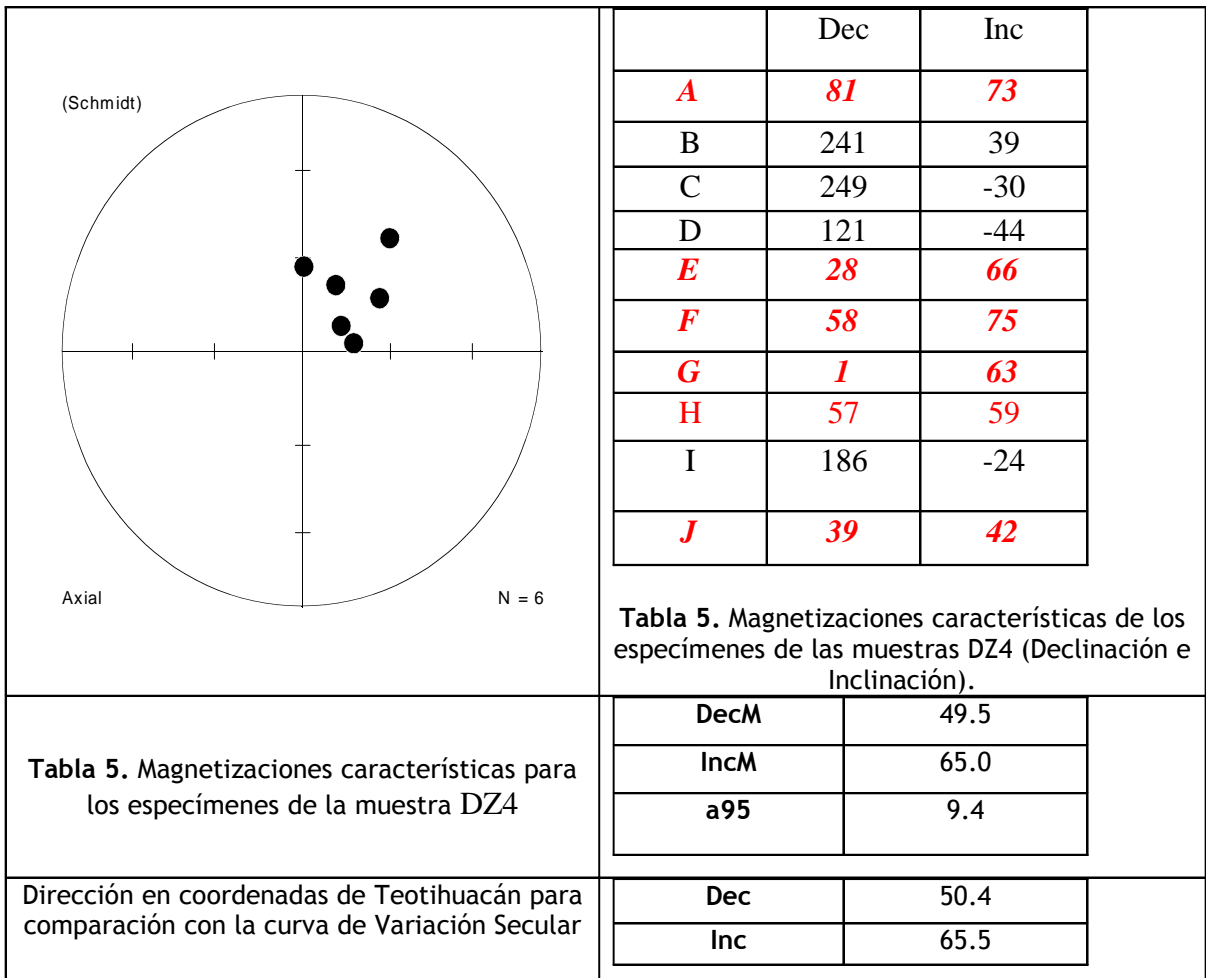
| Tabla 2. Magnetizaciones características para los especímenes de las muestra DZ1 | |
|--|-------|
| DecM | 313.3 |
| IncM | 38.5 |
| a95 | 13.3 |

| Dirección en coordenadas de Teotihuacán para comparación con la curva de Variación Secular | |
|--|-------|
| DecM | 313.2 |
| IncM | 39.6 |









**ANEXO 2. INFORME DE ANÁLISIS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN LOS ESTUCOS DE
DZIBANCHÉ**

INFORME ANALÍTICO:

**Análisis de compuestos orgánicos en morteros del sitio
arqueológico de Dzibanché**

Informe realizado por:
Dra. María Teresa Doménech Carbó

Análisis realizados por:
Dra. María Teresa Doménech Carbó
Dra. Laura Osete Cortina

Valencia, 3 de julio de 2014.

INFORME 25/14

MATERIAL ANALIZADO:

Procedencia: Sitio Arqueológico de Dzibanché, Quintana Ro, (Yucatán, Mexico)

Epoca: Clásico Medio (500-600 BC).

Descripción: Nueve muestras de morteros de pintura mural y decoración muraria procedentes de tres emplazamientos:

MB: Estructura funeraria II, bajorrelieve mural (DN-MB1, DN-MB2, DN-MB3).

A: Pequeña Acrópolis (zona con biodeterioro, repellido, pigmento rojo) (DN-A1, DN-A2), edificio este (DN-A3, DN-A4), suelo (DN-A5).

PP: Palacio Plaza Pom (altorrelieve) DN-PP.

Muestras extraídas por la solicitante del informe.

TÉCNICAS INSTRUMENTALES UTILIZADAS:

Cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS).

Instrumentación y método de análisis

Cromatografía de gases-espectrometría de masas.- Se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent 6890N (Agilent Technologies, Palo Alto, Ca, USA) equipado con un sistema de inyección dentro de la columna, acoplado a un espectrómetro de masas Agilent 5973N (Agilent Technologies). Se utilizó una columna capilar HP-5MS (5% phenyl-95% methylpolysiloxane, 30 m x 0.25 mm I.D., 0.25 μm de grosor, Agilent Technologies) que permite una adecuada separación de los componentes. Las condiciones cromatográficas empleadas para el análisis de la fase clorofórmica fueron: temperatura inicial del cromatógrafo de gases de 50 °C, gradiente a razón de 40 °C/min hasta alcanzar una temperatura 295 °C, la cual se mantiene durante 12 minutos. El gas portador helio se hizo circular por el sistema en modo de flujo constante de 1 mL.min⁻¹ con una relación *split* 1:20. Para la fase acuosa la temperatura inicial del cromatógrafo de gases fue 100 °C

seguida de un gradiente de 5 °C/min, hasta alcanzar 155 °C, para continuar con un segundo gradiente de 15°C/min hasta la temperatura final de 295 °C, la cual se mantuvo durante 5 minutos.

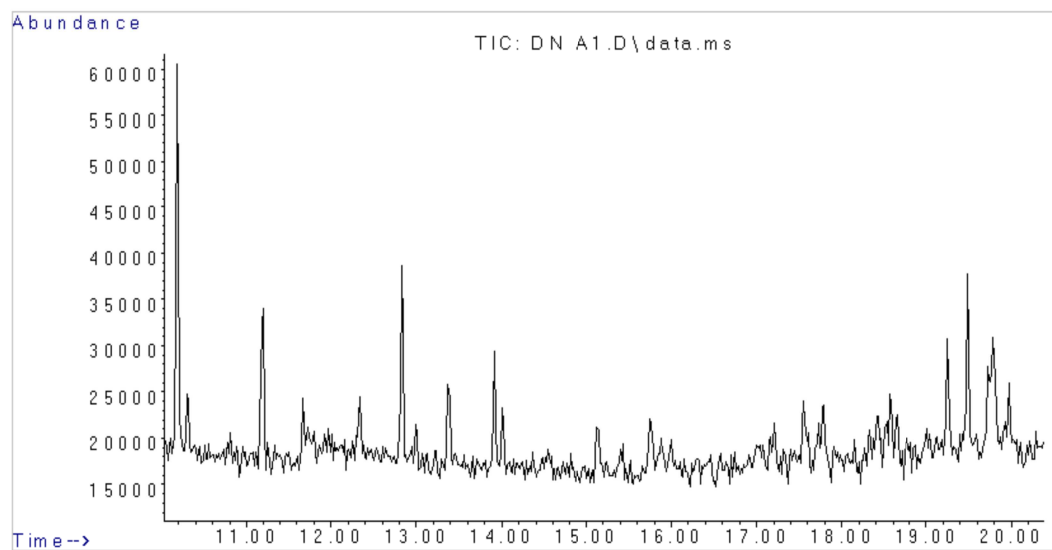
El *tuning* del espectrómetro de masas se comprobó usando perfluoro-tributilamina. Para el control, integración de los picos y evaluación de los espectros de masas se usó el software Agilent ChemStation G1701CA MSD. Los iones se generaron por ionización electrónica (70 eV) en la cámara de ionización del espectrómetro de masas. Se escaneó desde una relación m/z de 20 hasta m/z 800, con un tiempo de ciclo de un segundo.

El espectro de masas de impacto electrónico se adquirió en el modo de seguimiento de iones totales y los datos del área del pico procedentes del cromatograma de iones totales (TIC) se usaron para el análisis cuantitativo. Las temperaturas de la interfase y de la fuente fueron 280 y 150 °C, respectivamente. Para la identificación de los compuestos se emplearon las librerías de espectros de masas Wiley y NIST.

Preparación de muestras.- Se ha aplicado el método de derivatización basado en la reacción de metanólisis (Bleton, P. Mejanelle, J. Sansoulet, S. Goursaud, A. Tchaplal, Journal of Chromatography A, 720 (1996) 27-49) el reactivo derivatizante empleado ha sido trimetilsililimidazol.

| | |
|-------------------------|---|
| MUESTRA DN-A1 | REF. : (no tiene correspondencia con petrografia pero si con DRX, Muro 22 edificio centra, vano) |
| TIPO | DE Fragmento sólido de mortero |
| MUESTRA : | |
| DESCRIPCIÓN : | Pequeña Acrópolis (zona con biodeterioro, repellado, pigmento rojo) |

| COMPUESTO | TIEMPO RETENCIÓN (MIN) | |
|----------------------|---------------------------------------|--|
| Alfa-glucopiranososa | 19.4 | |



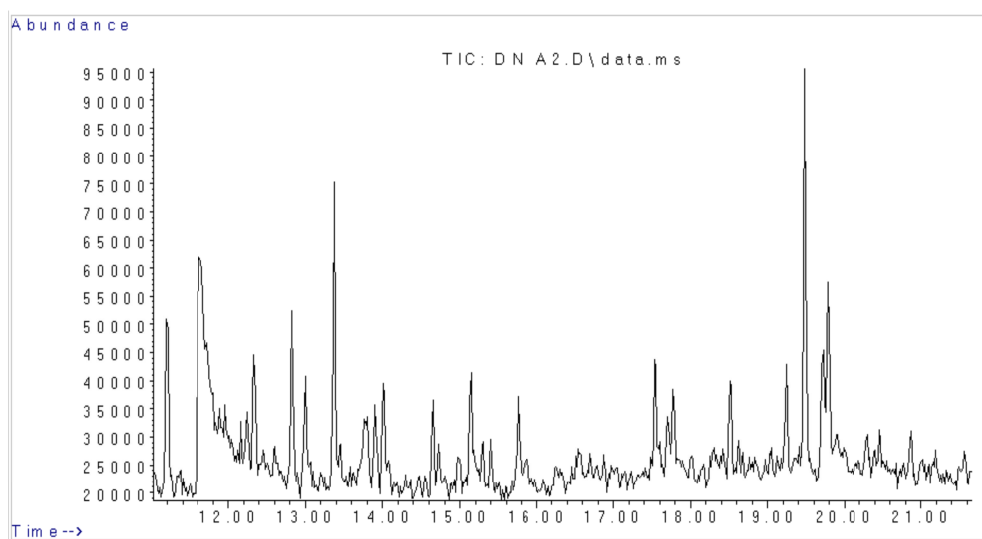
MUESTRA REF. : (Corresponde a muestra 11 en petrografía, muro 10, edificio norte)
DN-A2

TIPO DE Fragmento sólido de mortero

MUESTRA :

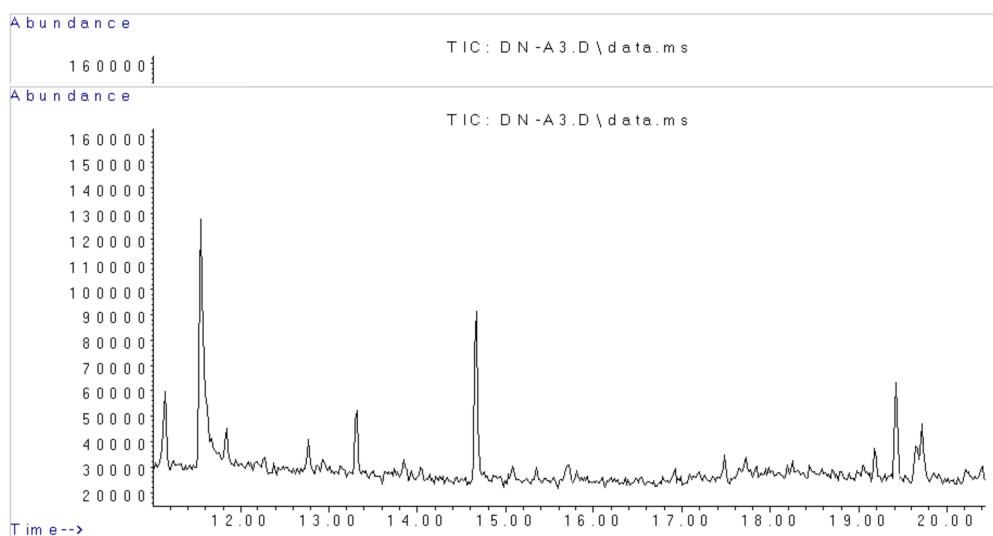
DESCRIPCIÓN : Pequeña Acrópolis (zona con biodeterioro, repellado, pigmento rojo)

| COMPUESTO | TIEMPO RETENCIÓN (MIN) | Composición (%) |
|------------------------|------------------------------|--------------------|
| Alfa-rhamnopiranososa | 14.0 | 15,0 |
| Alfa-mannopiranososa | 17.7 | 7,5 |
| Alfa-galactopiranososa | 18.5 | 12,4 |
| Alfa-glucopiranososa | 19.4 | 42,9 |
| Beta-glucopiranososa | 19.7 | 22,0 |



| |
|--|
| MUESTRA REF. : (Correspondencia con muestra 15 en petrografía, Muro 29 oeste) |
| DN-A3 |
| TIPO DE Fragmento sólido de mortero |
| MUESTRA : |
| DESCRIPCIÓN : edificio este con estuco en zócalo |

| COMPUESTO | TIEMPO RETENCIÓN (MIN) | Composición (%) |
|-------------------|------------------------|-----------------|
| Alfa-glucopiranos | 19.4 | |
| Beta-glucopiranos | 19.7 | |



MUESTRA REF. : (Correspondencia con muestra 14 en petrografía, muro 29 oeste)

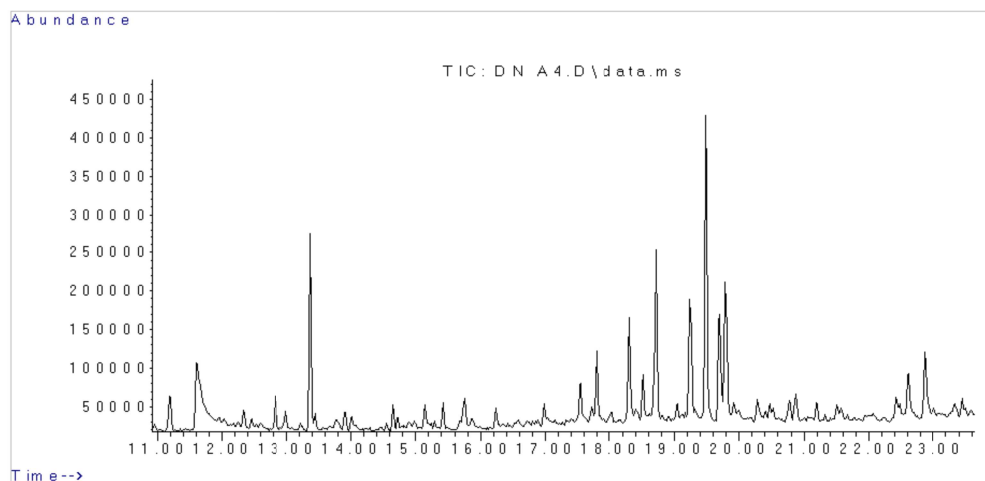
DN-A4

TIPO DE Fragmento sólido de mortero

MUESTRA :

DESCRIPCIÓN : edificio este con estuco en zócalo

| COMPUESTO | TIEMPO RETENCIÓN (MIN) | Composición (%) |
|------------------------|------------------------|-----------------|
| Alfa-rhamnopiranososa | 14.0 | 3,35 |
| Alfa-xilopiranososa | 14.7 | 1,90 |
| Alfa-mannopiranososa | 17.7 | 8,96 |
| Alfa-galactopiranososa | 18.5 | 8,47 |
| Inositol | 18.7 | |
| inositol | 19.2 | |
| Alfa-glucopiranososa | 19.4 | 54,69 |
| Beta-glucopiranososa | 19.7 | 22,62 |



MUESTRA REF. : (Correspondencia con muestra 21 en petrografia, piso, edificio este)

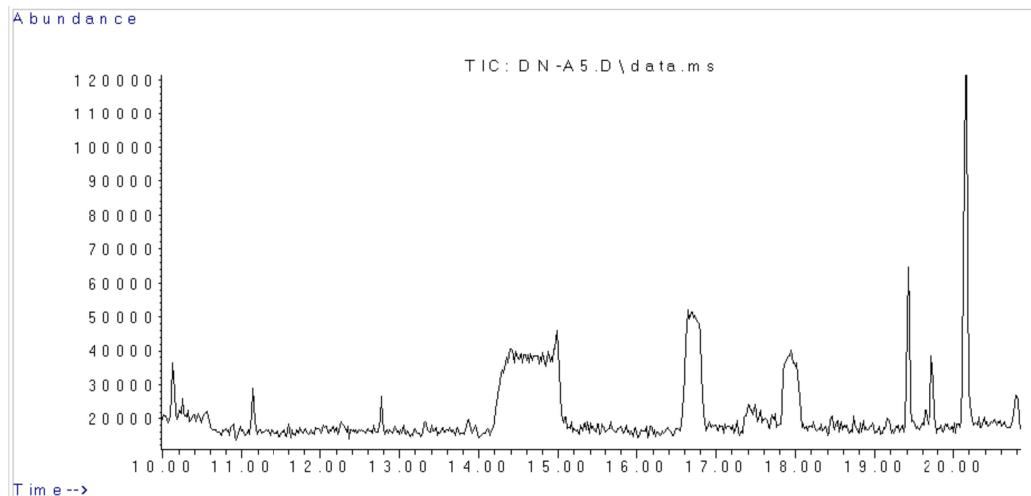
DN-A5

TIPO DE Fragmento sólido de mortero

MUESTRA :

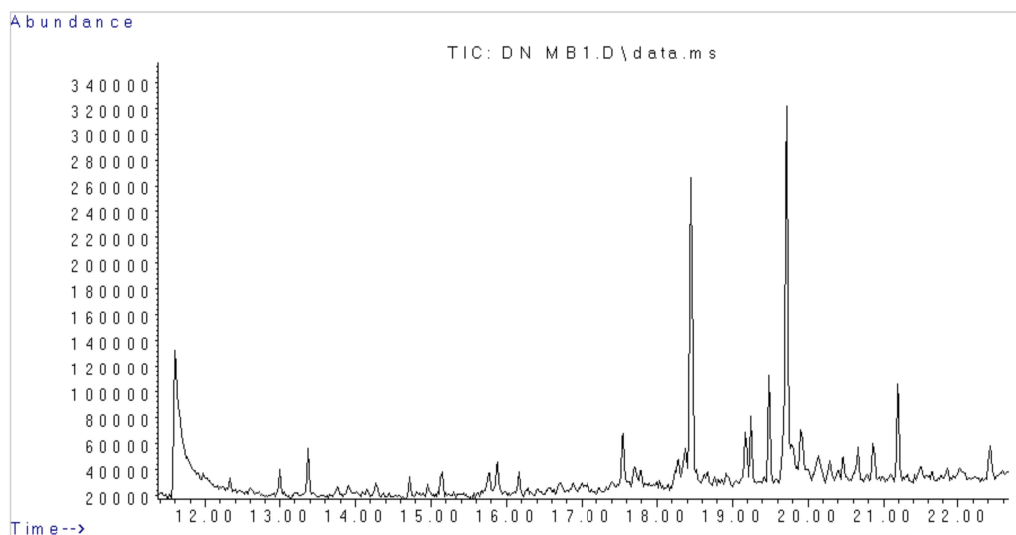
DESCRIPCIÓN : suelo

| COMPUESTO | TIEMPO RETENCIÓN (MIN) | Composición (%) |
|----------------------|------------------------------|--------------------|
| Alfa-glucopiranososa | 19.4 | |
| Beta-glucopiranososa | 19.7 | |



| | |
|--|--|
| MUESTRA DN-MB1 | REF. : (Corresponde a MB1 en MEB-EDS, sección desprendida del lado izquierdo) |
| TIPO | DE Fragmento sólido de mortero |
| MUESTRA : | |
| DESCRIPCIÓN : Estructura funeraria II, bajo relieve mural | |

| COMPUESTO | TIEMPO RETENCIÓN (MIN) | Composición (%) |
|------------------------|------------------------------|--------------------|
| Alfa-fucopiranososa | 14.9 | 1,7 |
| Alfa-galactopiranososa | 18.5 | 33,3 |
| No identificado | 19.1 | 4,5 |
| Alfa-glucopiranososa | 19.4 | 11,3 |
| Glucosa no metilada | 19.7 | 49,2 |



MUESTRA REF. : (Corresponde a MB3 en MEB-EDS, sección desprendida de la mitad derecha)

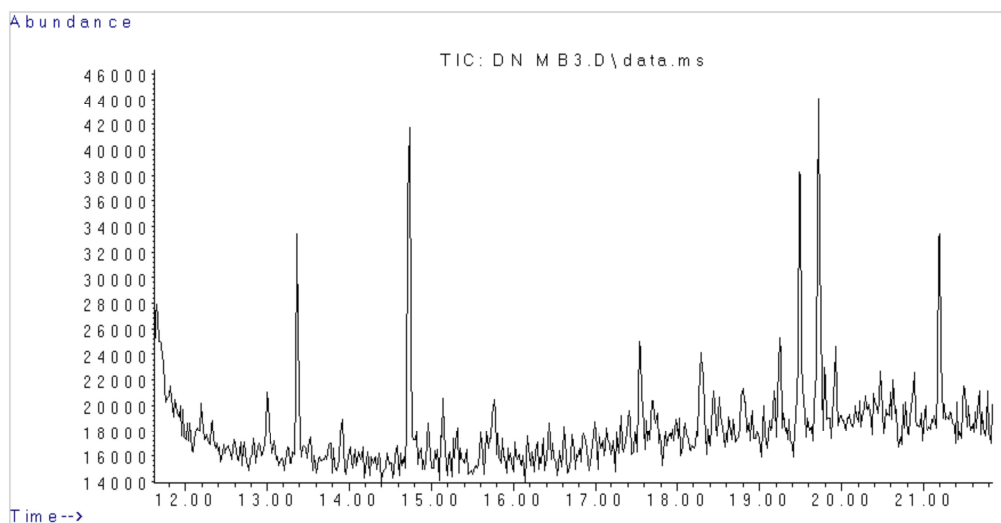
DN-MB3

TIPO DE Fragmento sólido de mortero

MUESTRA :

DESCRIPCIÓN : Estructura funeraria II, bajorrelieve mural

| COMPUESTO | TIEMPO RETENCIÓN (MIN) | Composición (%) |
|----------------------|------------------------------|--------------------|
| Alfa-glucopiranososa | 19.4 | |
| Glucosa no metilada | 19.7 | |



MUESTRA REF. : (Sin correspondencia, sección desprendida de la mitad izquierda)

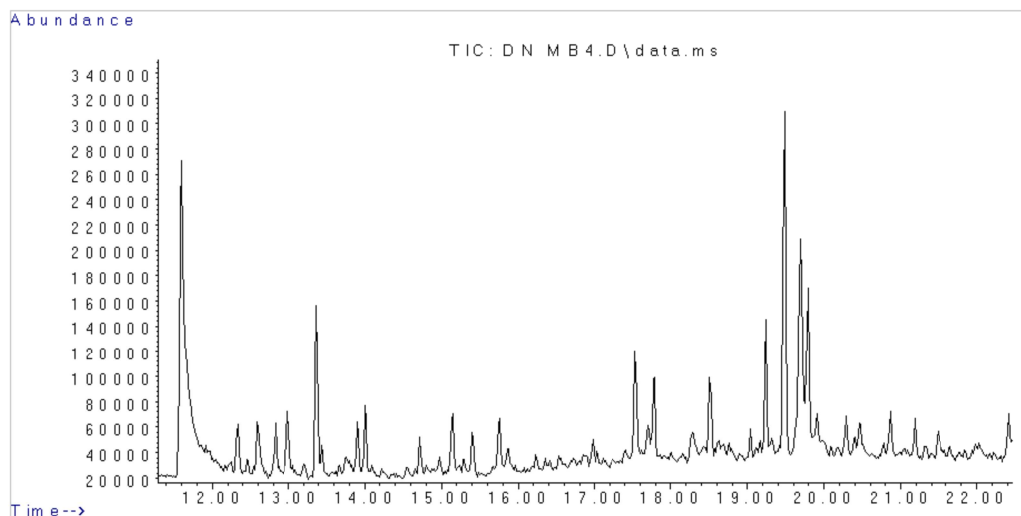
DN-MB4

TIPO DE Fragmento sólido de mortero

MUESTRA :

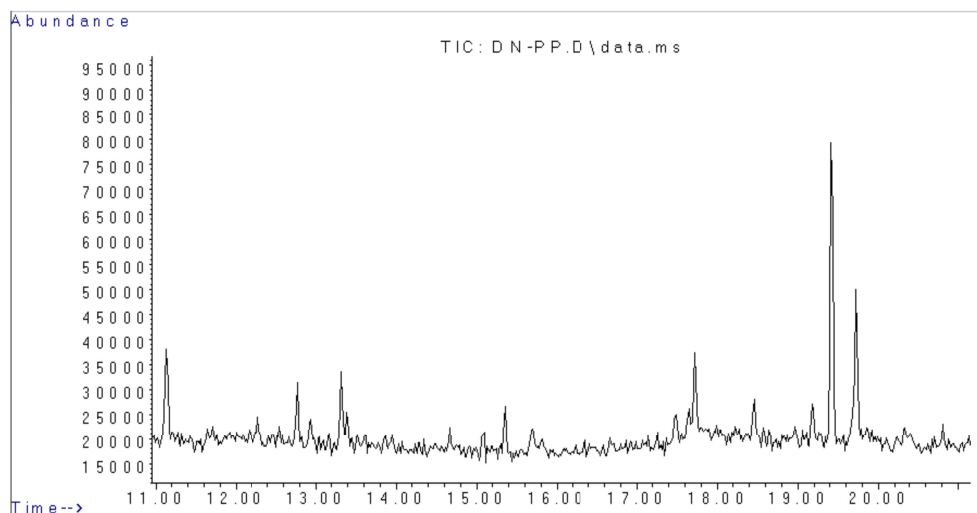
DESCRIPCIÓN : Estructura funeraria II, bajo relieve mural

| COMPUESTO | TIEMPO RETENCIÓN (MIN) | Composición (%) |
|------------------------|------------------------------|--------------------|
| Alfa-rhamnopiranososa | 14.0 | 9,03 |
| Alfa-xilopiranososa | 14.7 | 6,06 |
| Beta-xilopiranososa | 15.7 | 9,33 |
| Alfa-mannopiranososa | 17.7 | 10,16 |
| Alfa-galactopiranososa | 18.5 | 9,30 |
| Alfa-glucopiranososa | 19.4 | 38,69 |
| Beta-glucopiranososa | 19.7 | 17,42 |



| | |
|----------------------|---|
| MUESTRA | REF. : (Corresponde a la muestra 6 de petrografia) |
| DN-PP | |
| TIPO | DE Fragmento sólido de mortero |
| MUESTRA : | |
| DESCRIPCIÓN : | Palacio Plaza Pom, altorrelieve |

| COMPUESTO | TIEMPO RETENCIÓN (MIN) | Composición (%) |
|------------------------|------------------------------|--------------------|
| Alfa-xilopiranososa | 14.7 | 6,31 |
| Alfa-mannopiranososa | 17.7 | 11,52 |
| Alfa-galactopiranososa | 18.5 | 10,99 |
| Alfa-glucopiranososa | 19.4 | 47,95 |
| Beta-glucopiranososa | 19.7 | 23,23 |



ANEXO 3. INFORME DIFRACCIÓN DE RAYOS X



Instituto de Geología
 Universidad Nacional Autónoma de México
 Departamento de Geoquímica
 Laboratorio de Difracción de Rayos X
 CD. UNIVERSITARIA, COYOACÁN, 04510 MÉXICO
 TELÉFONOS (+52 55) 562242 83 EXT 170
 FAX: (+52 55) 562243 17

DRX372011S

Lic. Luisa Straulino

A continuación me permito detallar los resultados de los análisis de difracción de rayos X, realizados en las 4 muestras (MB5 mortero Duro, MB5 Pigmento Rojo, MB5 Estuco Blanco Suave y MB10) enviadas por ustedes recientemente.

Procedimiento

Los difractogramas se obtuvieron en un **Difractómetro Shimadzu XRD-6000** equipado con monocromador y tubo de cobre.

Las muestras se analizaron en fracción no orientada y utilizando un portamuestras de aluminio en el intervalo angular 2θ de 4° a 70° y velocidad de $1^\circ/\text{minuto}$.

Resultados

| MUESTRA | FASES IDENTIFICADAS ¹ | FICHAS PFD | OBSERVACIONES |
|---|--|---------------------------------|---|
| MB5 Mortero Duro Luisa151629 | Calcita: CaCO ₃ Yeso: CaSO ₄ Halita: NaCl Trazas de filosilicatos a $\approx 10\text{Å}$ | [5-586] [33-311] [5-628] | Predominio de calcita. Las otras fases se presentan únicamente como trazas. |
| MB5 Estuco Blanco Suave Luisa140950 | Calcita: CaCO ₃ Yeso: CaSO ₄ Halita: NaCl Trazas de filosilicatos a $\approx 10\text{Å}$ | [5-586] [33-311] [5-628] | Predominio de calcita. Las otras fases se presentan únicamente como trazas. |
| MB5 Pigmento Rojo Luisa 15335 | Calcita: CaCO ₃ Hematita: Fe ₂ O ₃ Goetita: $\alpha\text{FeO}(\text{OH})$ | [5-586] [33-364] [29-713] | Quedan dos picos pequeños por identificar a $\approx 3.79\text{Å}$ y $\approx 3.28\text{Å}$. El primero podría corresponder a Lepidocrocita ($\gamma\text{FeO}(\text{OH})$) y el segundo a Melanterita (FeSO ₄ 7H ₂ O) pero como únicamente encontramos un pico de cada fase no se puede confirmar. Es necesario disponer de un poco más de material de esta capa roja para mejorar la determinación ya que es una película muy delgada. |
| MB10 Luisa162310 | Calcita: CaCO ₃ Yeso: CaSO ₄ Trazas de filosilicatos a $\approx 10\text{Å}$ | [5-586] [33-311] | Predominio de calcita. Las otras fases se presentan únicamente como trazas. Similar a la muestra MB5 Mortero Duro pero con un proporción ligeramente más alta de filosilicatos y sin halita. |

NOTAS

1. El estudio es cualitativo y las fases se indican por orden de abundancia.
2. En cursiva las fases que por presentarse en baja proporción deberían de ser confirmadas con otros métodos o análisis más lentos y preciso de DRX.
3. Se debería medir nuevamente la capa de color rojo utilizando una cantidad más grande de material.
4. Para la determinación precisa del tipo de filosilicatos se debería separar la fracción <2 micras y preparar las fracciones orientadas. Los filosilicatos se presentan en una proporción muy baja.

Sin otro particular les mando un cordial saludo y quedo a su disposición para resolver dudas, atender comentarios o realizar nuevas mediciones

México D.F a 25 de agosto del 2011

Teresa Pi i Puig
Laboratorio de Difracción de Rayos X

Cop Dept. de Geoquímica



Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Geoquímica
Laboratorio de Difracción de Rayos X
CD. UNIVERSITARIA, COYOACÁN, 04510 MÉXICO
TELÉFONOS (+52 55) 562242 83 EXT 170
FAX: (+52 55) 562243 17

DRX042014S

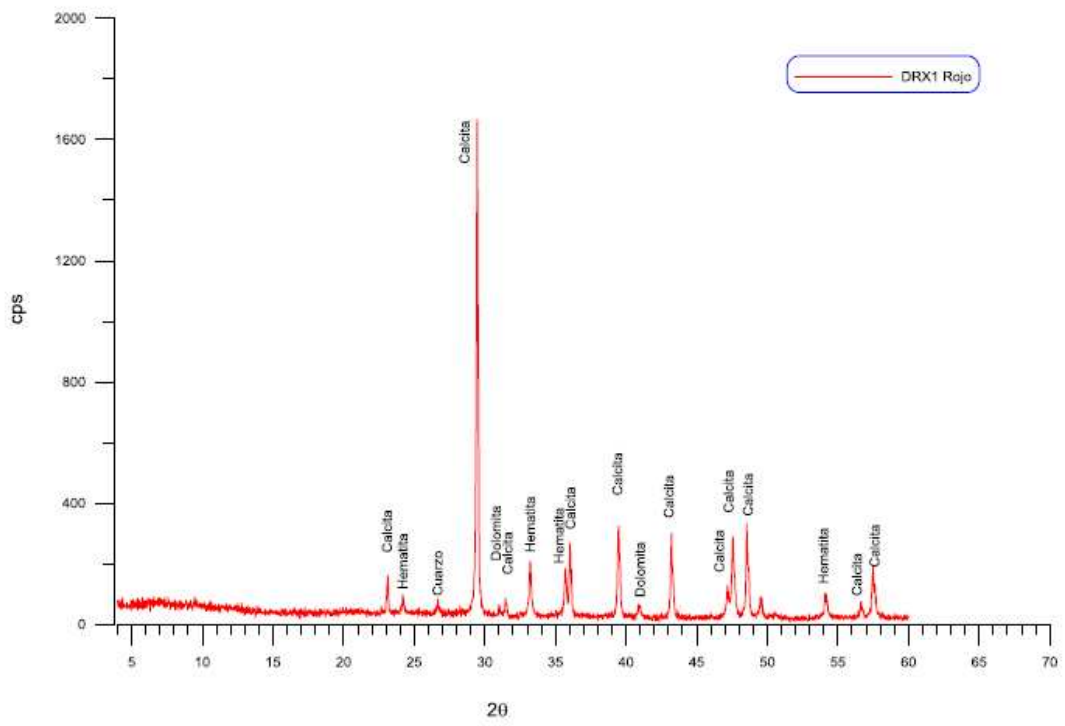
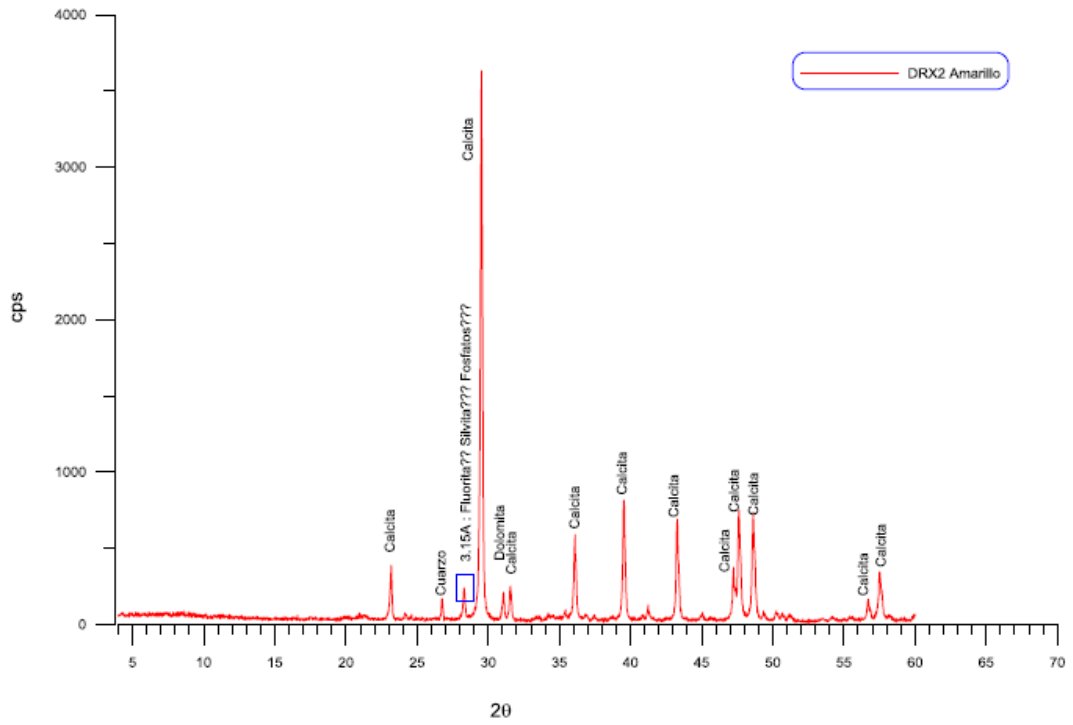
M. En C. Luisa Straulino

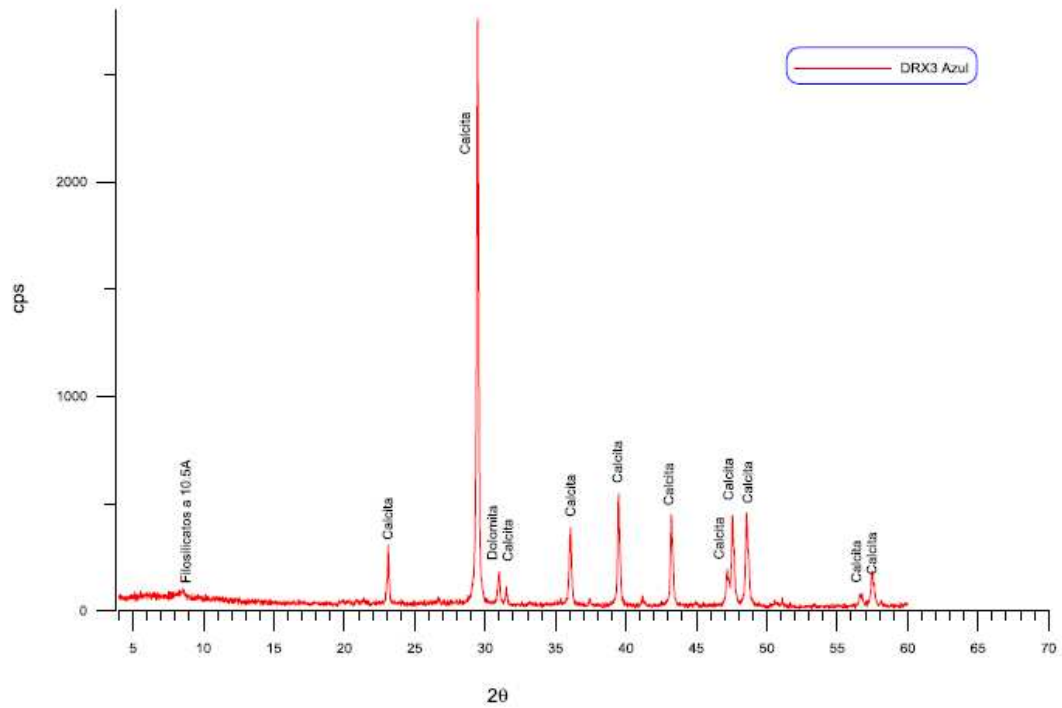
A continuación me permito detallar el resultado de los análisis obtenidos por Difracción de Rayos X, de las 3 muestras (Pam Azul, Pam Amarillo y Pam rojo) enviadas por ustedes recientemente.

2. RESULTADOS

TABLE 1: MINERALOGÍA

| MUESTRA | FASES IDENTIFICADAS ¹ | FICHAS PDF | OBSERVACIONES |
|--------------------------------------|--|---|---|
| Pom Rojo DRX1 Pigmentos123708 | Calcita: CaCO_3 Hematita: Fe_2O_3 Dolomita: $(\text{CaMg})\text{CO}_3$ Cuarzo: SiO_2 Posibles trazas de cuarzo (pico a $\sim 3.34\text{\AA}$) | [5-586] [33-664] [11-78] [46-1045] | Predominio de calcita |
| Pom Amarillo DRX2 Pigmentos112644 | Calcita: CaCO_3 Dolomita: $(\text{CaMg})\text{CO}_3$ Posibles trazas de cuarzo (pico a $\sim 3.34\text{\AA}$) Posibles trazas mínimas de goetita($\text{FeO}(\text{OH})$) (pico a $\sim 4.18\text{\AA}$) | [5-586] [11-78] | Predominio de calcita Queda un pico importante a $\sim 3.154\text{\AA}$ por identificar. |
| Pom Azul DRX3 Pigmentos123708 | Calcita: CaCO_3 Dolomita: $(\text{CaMg})\text{CO}_3$ Posibles trazas de cuarzo (pico a $\sim 3.34\text{\AA}$) Filosilicatos a 10.3\AA - 10.5\AA muy probablemente por la posición de tipo paligorskita. | [5-586] [11-78] | Predominio de calcita |





NOTAS

1. El estudio es cualitativo y las fases se indican en orden decreciente de abundancia.
2. Se recomienda analizar la muestra amarilla intentando evitar el componente de color blanco que corresponde a calcita.

Sin otro particular les mando un cordial saludo y quedo a su disposición para dudas o comentarios

Dra. Teresa Pi i Puig
Laboratorio de Difracción de Rayos X

México DF a 21 de febrero del 2014



Instituto de Geología
Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Geoquímica
Laboratorio de Difracción de Rayos X
CD. UNIVERSITARIA, COYOACÁN, 04510 MÉXICO
TELÉFONOS (+52 55) 562242 83 EXT 170
FAX: (+52 55) 562243 17

DRX052015

Dr. Sergey Sedov
Instituto de Geología

A continuación me permito detallar el resultado de los análisis de difracción de rayos X, realizados en las 6 muestras de estucos enviadas por ustedes recientemente.

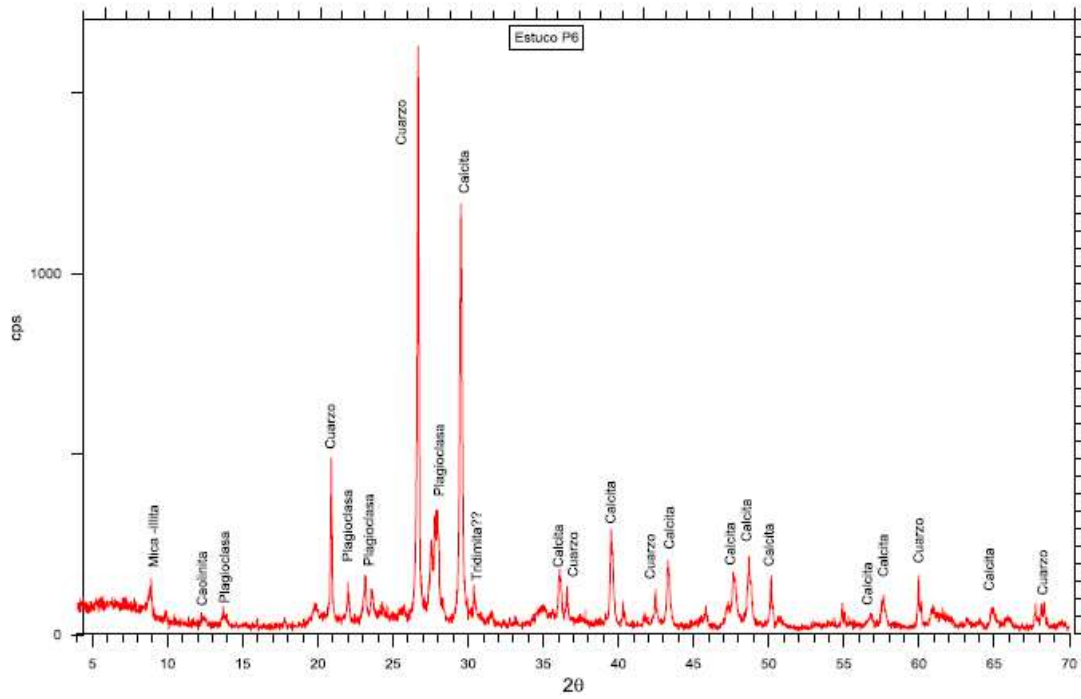
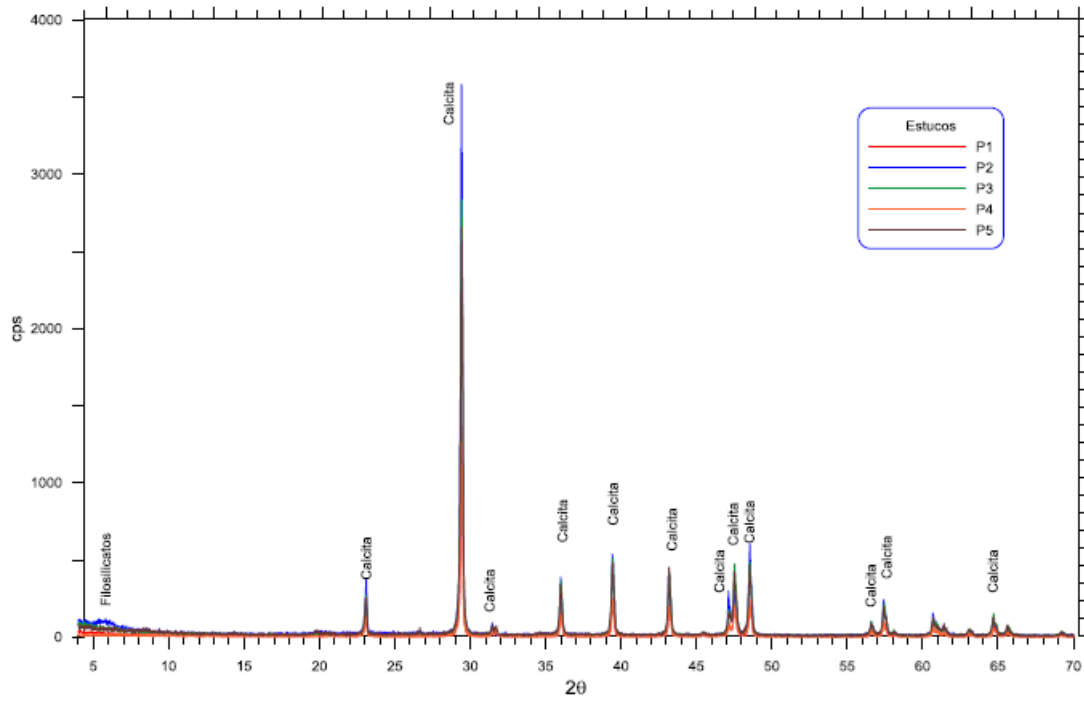
Procedimiento

Los difractogramas se obtuvieron en un **Difractómetro Shimadzu XRD-6000** equipado con filtro de Ni y tubo de cobre.

Las muestras se molturaron y homogenizaron mediante un mortero de ágata y se analizaron utilizando un portamuestras de aluminio (fracciones no orientadas) en el intervalo angular 2θ de 4° a 70° y velocidades de $2^\circ/\text{minuto}$.

Resultados

| MUESTRA | FASES IDENTIFICADAS | Fichas PDF | OBSERVACIONES |
|--|--|----------------------------------|---|
| P1 SergeySedov124905 | Calcita: CaCO_3 | [5-508] | Sin impurezas de otros minerales |
| P2 SegeySedov132314 | Calcita: CaCO_3 | [5-508] | Trazas mínimas de filosilicatos a $\sim 14\text{Å}$ |
| P3 SergeySedov135734 | Calcita: CaCO_3 | [5-508] | Sin impurezas de otros minerales |
| P4 SergeySedov171048 | Calcita: CaCO_3 | [5-508] | Sin impurezas de otros minerales |
| Repellado Edificio Central (P5) SergeySedov174430 | Calcita: CaCO_3 | [5-508] | Sin impurezas de otros minerales |
| Repelado de muro interior (P6) SergeySedov181814 | Calcita: CaCO_3 Cuarzo: SiO_2 Feldespato tipo plagioclasa intermedia: $(\text{CaNa})(\text{AlSi})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ Trazas de illita-mica Trazas de Tridimita Trazas de Caolinita | [5-508] [46-108] [18-1202] | |



ANEXO 4. BASE DE DATOS

En digital.

| | | Características de Estrato | | | | Características de los Tazas | | | | Características de los Componentes | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----|----------------------------|----------------------|-------------|----------------------|------------------------------|-----------------|-----------|--------------|------------------------------------|---|---|---|---------------------|--|-------------------|--|------|--|---|--|
| Pequeña Antioleas | M22 | E211 | capa | | I | | | | | oo | Carbonatos Dolomita y/o caliza | De 1.02mm-11.74 µm más abundantes de 441.58-140.85 µm. | traxales o equidimensionales, angulares o subangulares, baja esfericidad, focos, de límite prominente y ribdo traxales y probados, de tonos fcos, baja esfericidad, subangulares, límite prominente y ribdo | baja | colores altos de interferencia, traxado el col | 4 | mineral | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211 | capa | | I | | | | | a | silicoaluminatos hidratados | De 577.03-241.02 µm. | | baja | | 3 | mineral | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211 | capa | | I | | | | | s | diferentes minerales enriquecidos con hierro y partículas de carbón | De 1.33mm-112.35 µm (más abundantes) | equidimensionales, redondeados, esfericidad media a alta, focos, límite prominente y difuso probados y | baja | siema con griseas v manchas neozas | 3 | mineral y ondráfica | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211 | capa | | I | | | | | ob | carbón | De 630.05-7.41 µm (más abundantes) | equidimensionales, angulares, rugosa y fcos, esfericidad baja, límite prominente | baja | nezo | 4 | vegetal | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211 | capa | | I | | | | | zi | um. aerox | De 156.64 µm. | ribdo, angulosos, baja esfericidad, focos, límite prominente y ribdo | baja | cañi colores altos de interferencia en xol v seca en pol | 1 | vegetal | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211 | capa | | I | | | | | oo | araonita | De 687.01-191.79 µm. | Probadas, traxales y equidimensionales con protuberancias, subredondeadas o redondeadas focos u ondradas, límite prominente y ribdo | baja | | 2 | animal | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211 | capa | | PO | Disenas | 10-20% | homodinea | mal separado | oe | vesículas | la más grande 2.13mm | Equidimensionales, obadas o traxales, con protuberancias, subredondeadas, esfericidad media, negro, límite secasas y cao | baja | | 4 | | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211 | capa | | PO | | | | | os | cavidades | La más grande de 2.5mm | | baja | | 1 | | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211/MMM | Prominente y difuso | | E211 | | | | | nn | | no se puede evaluar | con forma circular, o como cañitos | baja | Cañi-rojizo, avorazado | 1 | microorgan | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211 | MMM | discontinuo | oocita | no se puede evaluar | cañi, avorazado | suave | terraz | B | Disenas | 1% aerox | homodinea | no se puede evaluar | nn | | | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211/DD | Prominente y difuso | | E211 | | | | | b | | no se puede evaluar | acicular, en entramados | baja | colores altos de interferencia | 1 | mineral antropogénic | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E211 | DD | discontinuo | estriato filiforme | no se puede evaluar | barraconas | suave | Pulverizante | N | Disenas | 1% aerox | homodinea | no se puede evaluar | b | tabilita | | | | | |
| Pequeña Antioleas | M22 | E111 | continuo | | capa entubado | 7.3mm | barraconas | suave | Fiable | MA | Aonuada | 40-30% | homodinea | mal separado | oi | calcita micrítica | no se puede evaluar | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E111 | | | | | | | | om | Disenas | 40-50% | heterodinea | mal separado | om | calcita micrítica | no se puede evaluar | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E111 | | | | | | | | oh | carbonato de calcio con espatta o dolomita, algunas con arcillas | 4.86mm-96.74µm(1102 mm-852.43µm) | probado o traxal, baja esfericidad, subangulares a subredondeadas, focos, límite prominente y ribdo | meda | parto, siema, gris con partículas de colores altos de interferencia | 2 | mineral | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E111 | | | | | | | | oi | Carbonatos Dolomita y/o caliza | 1.67mm-14.04µm má abundante 883.17-124.56 µm | traxales o equidimensionales, angulares o subangulares, baja esfericidad, focos, de límite prominente y ribdo traxales | baja | colores altos de interferencia, traxado el col | 4 | mineral | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E111 | | | | | | | | a | silicoaluminatos hidratados | 414.26-109.48µm (más abundantes) | equidimensionales, angulares o subangulares, baja esfericidad, focos, de límite prominente y ribdo probadas y | baja | blancos de primer orden | 3 | mineral | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E111 | | | | | | | | ob | carbón | 234.34-14.09 µm(límites abundantes) | equidimensionales, angulares, rugosa y fcos, esfericidad bpa, límite prominente | baja | nezo | 1 | vegetal | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E111 | | | | | | | | oe | Disenas | 20.00% | homodinea | mal separado | oe | vesículas | más grande de 4.38 mm Máis grande 6.25mm | baja | | 3 | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | continuo | | capa, repetido oruso | De 6.32-12.36mm | blanco | suave | subredada | MA | Aonuada | 35-20% | homodinea | separados | oi | calcita micrítica | no se puede evaluar | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | capa, repetido oruso | | | | | | | om | Disenas | 50-60% | heterodinea | mal separado | om | calcita micrítica | no se puede evaluar | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | capa, repetido oruso | | | | | | | oi | carbonato de calcio con espatta o dolomita, algunas con arcillas | De 4.74mm-172.97µm, más abundantes de 1.68mm-461.69 µm De 2.65mm-13.45 µm | probado o traxal, baja esfericidad, subangulares a subredondeadas, focos, límite prominente y ribdo | Alta | gris, parto, sepa, con partículas de colores altos de interferencia, y capas de crometos | 4 | mineral | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | capa, repetido oruso | | | | | | | oo | Carbonatos Dolomita y/o caliza | Más abundantes de 543.35-225.50 µm, De 1.02mm-88.35 µm | traxales o equidimensionales, angulares o subangulares, baja esfericidad, focos, de límite prominente y ribdo | baja | colores altos de interferencia, traxado el pol | 4 | mineral | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | capa, repetido oruso | | | | | | | a | silicoaluminatos hidratados | De 2.18mm-69.46 µm. | Equidimensionales, obadas o traxales, con protuberancias, subredondeadas, esfericidad media, negro, límite secasas y cao | baja | amafito y blancos de primer orden | 3 | mineral | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | capa, repetido oruso | | | | | | | s | diferentes minerales enriquecidos con hierro y partículas de carbón | De 487.75-104.80 µm De 382.02-5.19 µm, más abundantes de 5.19-49.97 µm | equidimensionales, redondeados, esfericidad media a alta, focos, límite prominente y difuso | baja | siema con griseas v manchas neozas | 3 | mineral y ondráfica | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | capa, repetido oruso | | | | | | | ob | carbón | De 621.54-292.33 µm | ribdo, angulosos, baja esfericidad, focos, límite prominente y ribdo | baja | nezo colores altos de interferencia en xol v seca en col | 4 | vegetal | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | capa, repetido oruso | | | | | | | oo | araonita | 292.33 µm | Probadas, traxales y equidimensionales con protuberancias, subredondeadas o redondeadas focos u ondradas, límite prominente y ribdo | baja | | 2 | animal | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | capa, repetido oruso | | | | | | | oe | Disenas | 15-20% | homodinea | mal separado | oe | vesículas | la más grande del 18mm la más grande es 1.93mm | baja | | 2 | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | capa, repetido oruso | | | | | | | os | cavidades | La más grande de 764.07 µm | Equidimensionales, obadas o traxales, con protuberancias, subredondeadas, esfericidad media, negro, límite secasas y cao | baja | | 1 | | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211/MMM | Prominente y difuso | | E211 | | | | | nn | | no se puede evaluar | con forma circular, o como cañitos | baja | Cañi-rojizo | 1 | microorgan | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | MMM1 | discontinuo | oocita | no se puede evaluar | cañi, avorazado | suave | terraz | B | Disenas | 1% aerox | homodinea | no se puede evaluar | nn | | | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211/D1 | Prominente y difuso | | E211 | | | | | b | | no se puede evaluar | acicular, en entramados | baja | colores altos de interferencia, traxado el col | 1 | mineral | | | | |
| Pequeña Antioleas | M23 | E211 | DD1 | discontinuo | estriato filiforme | no se puede evaluar | barraconas | suave | Pulverizante | N | Disenas | 1% aerox | homodinea | no se puede evaluar | b | tabilita | | | | | |