

## ÍNDICE

<b>i. INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	16
<b>ii. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	20
<b>iii. PLAN DE TRABAJO</b>	22
<b>CAPÍTULO 1. ESTUDIO ARQUEOMÉTRICO DE LOS ESTUCOS DE LA PINTURA MURAL MAYA</b>	29
<b>1.1. MORTEROS DE CAL DE LAS CAPAS DE PREPARACIÓN</b>	30
1.1.1. ANTECEDENTES	30
1.1.1.1. Descripción del contexto	30
1.1.1.1.1. Ubicación geográfica	30
1.1.1.1.2. Marco cronológico	32
1.1.1.2. Breves apuntes sobre la arquitectura maya	34
1.1.1.2.1. Arquitectura maya y espacio urbano	34
1.1.1.2.2. Los materiales y las tipologías de la arquitectura maya	35
1.1.1.3. El estuco en la arquitectura maya	36
1.1.1.4. La composición de los estucos	36
1.1.1.5. La preparación de la cal y el árido entre los mayas	39
1.1.1.5.1. Los recursos materiales: el entorno geológico	39
1.1.1.5.2. La selección de la cal y el árido	60
1.1.1.5.3. La calcinación de la cal	69
1.1.1.5.4. La hidratación de la cal	72
1.1.1.6. Otros materiales asociados a la cal	75
1.1.1.6.1. Los suelos y los sedimentos arcillosos	75
1.1.1.6.2. La composición y la estructura cristalográfica de las arcillas	84
1.1.1.6.3. La tipología y el origen de las arcillas empleadas por los mayas	89
1.1.2. MATERIALES Y MÉTODOS	92
1.1.2.1. Materias prima de las áreas arqueológicas estudiadas	92
1.1.2.2. Estucos de los sitios arqueológicos seleccionados	94
1.1.2.3. Instrumentación	99
1.1.2.4. Pretratamiento de las capas de preparación de los estucos para la identificación de las arcillas y la instrumentación específica empleada	102
1.1.2.4.1. Determinación del porcentaje de residuo insoluble del mortero de cal mediante ataque ácido	102
1.1.2.4.2. Instrumentación específica para el estudio de las arcillas presentes en los estucos	104
1.1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	107
1.1.3.1. Caracterización de las materias primas del entorno geológico	107
1.1.3.1.1. Materias primas de la cal y del árido	107
1.1.3.1.1.1. Descripción de las características morfológicas y de las texturas petrográficas de las materias primas	107
1.1.3.1.1.2. Contextualización geológica de las materias primas estudiadas	118
1.1.3.1.2. Sedimentos arcillosos	122
1.1.3.1.2.1. Descripción macromorfológica de los sedimentos arcillosos	122
1.1.3.1.2.2. Caracterización químico-mineralógica de los sedimentos arcillosos	128
1.1.3.1.2.3. Paisaje edáfico de los sedimentos arcillosos estudiados	138
1.1.3.2. Caracterización de los estucos de la pintura mural maya	141
1.1.3.2.1. Capas de preparación de los estucos	141
1.1.3.2.1.1. Descripción organoléptica	141
1.1.3.2.1.2. Estudio estratigráfico	146
1.1.3.2.1.3. Estudio granulométrico	153
1.1.3.2.1.4. Descripción petrográfica	162
1.1.3.2.1.5. Caracterización químico-mineralógica de la fase conglomerante del	181

mortero	
1.1.3.2.2. Otros materiales asociados a la cal	202
1.1.3.2.2.1. Caracterización mineralógica y nanomorfológica de los materiales asociados a la cal	202
1.1.3.3. Discusión final de resultados y conclusiones	215
1.1.3.3.1. Discusión final de resultados	215
1.1.3.3.2. Propuesta de grupos técnicos de los estucos de la pintura mural maya	219
<b>1.2. LOS AGLUTINANTES Y LOS ADITIVOS VEGETALES</b>	<b>232</b>
1.2.1. ANTECEDENTES	232
1.2.1.1. Estructura y propiedades de las gomas vegetales	232
1.2.1.2. Clasificación	234
1.2.1.3. Componentes de la pared celular y material extraíble de la madera i las cortezas de los árboles	235
1.2.1.4. Métodos de análisis de polisacáridos utilizados en obras de arte	237
1.2.1.5. Identificación de las gomas vegetales en la pintura mural maya	240
1.2.2. MATERIALES Y MÉTODOS	244
1.2.2.1. Reactivos y materiales de referencia	244
1.2.2.2. Instrumentación	244
1.2.2.3. Pretratamiento de las muestras	245
1.2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	247
1.2.3.1. Caracterización de los materiales de referencia	247
1.2.3.2. Caracterización de los estucos de la pintura mural maya	250
1.2.3.2.1. El aglutinante de la capa pictórica	250
1.2.3.2.2. El aditivo de la capa de preparación	256
1.2.3.2.3. Efecto del medio alcalino en la composición de la goma	261
1.2.3.3. Discusión final de resultados y conclusiones	264
<b>CAPÍTULO 2. NUEVAS PERSPECTIVAS EN LA ADAPTACIÓN Y LA UTILIZACIÓN DE ADITIVOS HISTÓRICOS EN LOS MORTEROS DE CAL TRADICIONALES</b>	<b>266</b>
<b>2.1. ESTUDIO DEL EFECTO DE LAS GOMAS NATURALES COMO ADITIVO DE LOS MORTEROS DE CAL TRADICIONALES</b>	<b>267</b>
2.1.1. ANTECEDENTES	267
2.1.1.1. Uso de las gomas naturales como aditivos de los morteros de cal tradicionales a lo largo de la historia	267
2.1.1.2. Estudios sobre el efecto de las gomas naturales como aditivos de los morteros de cal tradicionales	271
2.1.2. MATERIALES Y MÉTODOS	274
2.1.2.1. Materiales de referencia	274
2.1.2.2. Métodos	276
2.1.2.2.1. Preparación del mortero	276
2.1.2.2.2. Probetas	284
2.1.2.2.3. Ensayos para determinar las propiedades reológicas del mortero	287
2.1.2.2.4. Ensayos para determinar las propiedades del mortero en estado endurecido	297
2.1.2.2.5. Ensayos para determinar la durabilidad del mortero	315
2.1.2.3. Instrumentación	321
2.1.2.4. Extracción y pretratamiento de las muestras	321
2.1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	325
2.1.3.1. Caracterización de las propiedades reológicas del mortero en estado fresco	325
2.1.3.1.1. Determinación de la consistencia, de la densidad aparente, del contenido en aire, de la capacidad de retención de agua y del período de trabajabilidad	325
2.1.3.2. Caracterización del mortero en estado endurecido	332
2.1.3.2.1. Comportamiento petrofísico	332
2.1.3.2.1.1. Determinación del coeficiente de agua por capilaridad	332
2.1.3.2.1.2. Determinación de la curva de evaporación	336
2.1.3.2.1.3. Determinación de la porosidad accesible al agua bajo condiciones al vacío, de la porosidad accesible al agua por capilaridad, del coeficiente de saturación y de la densidad aparente	341
2.1.3.2.1.4. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua	352

2.1.3.2.2. Comportamiento mecánico	345
2.1.3.2.2.1. Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión	345
2.1.3.3. Caracterización de la estructura porosa y de la microestructura del mortero	348
2.1.3.3.1. Determinación de la distribución del tamaño de poro mediante la porosimetría por intrusión de mercurio	348
2.1.3.3.2. Caracterización de la microestructura mediante la microscopía electrónica de barrido	351
2.1.3.4. Caracterización de la durabilidad del mortero	363
2.1.3.4.1. Determinación de la resistencia al hielo-deshielo	363
2.1.3.4.2. Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos	367
2.1.3.5. Evolución y control del proceso de la carbonatación	369
2.1.3.5.1. Determinación de la resistencia y de la profundidad a la carbonatación	369
2.1.3.5.2. Caracterización química de la evolución del proceso de la carbonatación a lo largo del tiempo	375
2.1.3.6. Discusión final de resultados y conclusiones	382
<b>iv. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>393</b>