

01061

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Filosofía y Letras

**Materiales y Técnicas de la Pintura Mural
Maya**

TESIS

que para optar por el grado de
Maestría en Historia del Arte
presenta

Diana Isabel Magaloni Kerpel

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México D.F. 1996.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

| | |
|---|-----------|
| | 1 |
| Capitulo 1 | 7 |
| La pintura mural del area maya | 7 |
| 1.1 Antecedentes: teorías en torno a la técnica pictórica | 13 |
| 1.2 La técnica como expresión cultural: el reto de la pintura mural maya | 15 |
| 1.3 Los elementos de la pintura mural | 19 |
| 1.4 Características de las capas pictóricas en los murales mayas | 22 |
| 1.4 características plásticas de las capas de color | 24 |
| 1.4. Evidencias físicas de los procedimientos..... | 28 |
| 1.5 La estratigrafía de la pintura mural maya..... | 31 |
| Capitulo 2 | 36 |
| La tecnología de la cal y la fabricación de morteros y enlucidos en el área maya | 36 |
| 2.1 Obtención y trabajo de la cal | 37 |
| 2.2 La cal en Mesoamérica | 41 |
| 2.3 La cal como materia prima en la fabricación de estucos y aplanados | 45 |
| 2.4 . La cal y las gomas: el secreto de los mayas | 46 |
| 2.5 La información en las fuentes | 50 |
| 2.6 Reconstrucción de la técnica de manufactura de morteros y enlucidos de cal..... | 53 |
| 2.7 Calizas diferentes, cales con propiedades | |

| | |
|--|------------|
| | 2 |
| distintas | 55 |
| Capítulo 3 | 60 |
| La historia mineral de la región y su influencia sobre las técnicas locales | 60 |
| 3.1 La tierra más pedregosa... | 60 |
| 3.2 Los minerales del área norte | 63 |
| 3.3 los materiales de las regiones del sur | 65 |
| 3.4 Las costas | 66 |
| 3.5 Las tradiciones locales | 70 |
| 3.6 Los grupos técnicos..... | 74 |
| 3.7 El Sascab | 81 |
| Capitulo 4..... | 84 |
| Reconstrucción de la técnica pictórica | 84 |
| 4.1 Del modo de pintar | 84 |
| 4.2 Aglutinantes para pigmentos y aditivos para la cal: algunos datos importantes mencionados por las fuentes..... | 92 |
| 4.4 Los materiales del bosque tropical | 100 |
| 4.5 Las ventajas de la técnica maya | 101 |
| Capítulo 6 | 104 |
| Análisis de materias orgánicas por medio de CG/SM y HPLC de muestras de pintura mural en el área maya | 104 |
| 6.1 Resultados de laboratorio | 108 |
| Capítulo 7 | 118 |

| | |
|---|-----|
| | 3 |
| Fabricación de pigmentos: la gran industria maya | 118 |
| 7.1 La identificación mineral de los pigmentos | 119 |
| 7.2 La estratigrafía de las capas de color en el microscopio óptico | 128 |
| 7.3 La tecnología del color a partir de las fuentes | 136 |
| 7.4 La tierra blanca sak lu'um como base de la fabricación de pigmentos. | 142 |
| 7.5 La taxonomía de las tierras en el Pucc: una evidencia de la colorística maya. | 143 |
| Epílogo | |
| Conclusiones | 147 |

Agradecimientos

La investigación que hoy presento ha sido posible gracias a la valiosa ayuda de grandes personas, su directa colaboración y apoyo moral ha sido esencial para la realización de este trabajo.

Quiero expresar mi gratitud y cariño a la directora de esta tesis, Dra. Beatríz de la Fuente. El proyecto que coordina, y del cual soy miembro desde 1991, "La Pintura Mural Prehispánica en México", ha sido el ámbito en el que se ha gestado y desarrollado este trabajo; sin su valioso respaldo la investigación sobre las técnicas pictóricas prehispánicas no habría sido posible.

Agradezco a Rita Eder, directora del Instituto de Investigaciones Estéticas, su constante apoyo y confianza.

A mis colaboradores en la investigación, agradezco su profesionalismo, interés y trabajo invertido para hacer posible un trabajo con los métodos y técnicas de la ciencia moderna. A Leticia Baños del Instituto de Investigaciones en Materiales, a Richard Newman, del Museo de Bellas Artes de Boston, a Richard Siegel y Richard Lee, del Argonne National Laboratory, a Renato Pancella e Ivonne Fruh del Laboratorio de Conservación de la Piedra.

Agradezco al Instituto Nacional de Antropología e Historia, y a su Consejo de Arqueología, por haber posibilitado la toma de pequeñas muestras de pintura, para su estudio en el laboratorio.

De manera especial expreso mi gratitud a Tatiana Falcón por el esfuerzo y la felicidad compartidas.

A Sonia Lombardo, agradezco mucho el haber recolectado gomas de árboles en la selva del Petén para poder tener materias primas de referencia y el haber compartido toda la información que sirviera a mi investigación.

A mis sinodales: Tere Uriarte, por su dedicación para leer este trabajo en varias ocasiones, por su generosidad y gran visión. A Jorge Angulo, por su apoyo entusiasta siempre, a Doris Hayden, por su respaldo, a Pedro Bosh por sus impecables correcciones.

A mis compañeros de proyecto "Pintura Mural Prehispánica en México" quiénes han escuchado este trabajo muchas veces, gracias.

Agradezco al Profesor Jaime Cama por haberme enseñado el gusto por los objetos, por los materiales y la conservación, y por estar siempre presente.

A Mary Miller, por su valiosa ayuda.

A Octavio di Leo, por su meticuloso trabajo de corrección de estilo.

A Eric Hansen, por compartir la información de su trabajo, y por la literatura especializada que generosamente me brindó.

A Frank Matero y Alberto Tagle, agradezco sus comentarios, su ayuda técnica y generosidad.

Agradezco a Tere Marín su asesoría y ayuda en coputación.

Por último quiero agradecer a mis grandes apoyadores de espíritu: Anabel Kerpel, Michael Layton, Beatriz, Ana Laura Magaloni, Ignacio, Claudia y Ana María Magaloni, Alberto Díaz, Alejandro Guevara, Kristóf y Andrés Gosztogny, Eriberto Cervantes e Isabel García Moreno, Alicia y Alejandro España.

Materiales y Técnicas de la Pintura Mural Maya

Diana Magaloni¹

Los caminos para la búsqueda de aquel hombre y de su ideología son muy largos y exigen tiempo y dedicación. Exigen también el deseo de romper con paradigmas, de intentar nuevas vías de acercamiento, de no dar nada por asentado y de partir de la obra misma para descifrar su mensaje.²

Tere Uriarte

Introducción

La investigación cuyos resultados presentamos en este trabajo se ha concentrado en dar respuesta a una pregunta aparentemente simple: ¿cual es la técnica (o técnicas) que caracteriza la tradición de pintura mural en el mundo maya? Es decir, ¿qué materiales usaron los pintores de entonces? Y, lo más importante, ¿cómo transformaron los elementos de su entorno en sustancias adecuadas para plasmar, de manera permanente, las imágenes policromas que han llegado hasta nosotros? La tarea se ha revelado mucho

¹Este trabajo ha sido realizado en colaboración con: Dr. Richard Newman, Analytical Laboratory, Museum of Fine Arts, Boston; Ing. Quim. Leticia Baños, Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM; Dr. Richard Siegel y microscopista Richard Lee, Argonne National Laboratory, Illinois.

²Uriarte, Tere, "Teotihuacán: el legado de la ciudad de los dioses" en, México en el mundo de las colecciones de arte, Tomo I. Mesoamérica. SRE, FNCA, JNAH, 1994.

más compleja que la pregunta inicial.

Por una parte, gracias al esfuerzo colectivo del proyecto La Pintura Mural Prehispánica en México, ha sido posible estudiar *in situ* 24 sitios con murales del área maya. En las diversas temporadas de trabajo de campo realizamos una observación sistemática de las cualidades físicas de los diversos murales, buscando las evidencias materiales y formales que caracterizan la técnica pictórica.³ Por otra parte, y en el marco del convenio establecido con el Instituto Nacional de Antropología e Historia por intermedio de su Consejo de Arqueología, ha sido posible tomar las muestras necesarias para el estudio de los materiales constitutivos mediante las técnicas de laboratorio más sensibles a nuestro alcance: cromatografía de gases/espectrometría de masas (CG/SM) y cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC); microscopía óptica (MO) y microscopía electrónica de barrido (MEB) y espectrometría de dispersión de energía (EDE) con detector de elementos ligeros; y por último, difracción de rayos X por el método de polvos (DRX).

Los análisis de laboratorio han aportado una gran cantidad de datos nuevos que muestran una técnica pictórica rica y completamente original, en la que sustancias orgánicas, provenientes del bosque tropical, se mezclan con los minerales del lugar para la fabricación de los soportes de cal y como aglutinantes de las películas de color⁴.

³Acerca de la metodología de observación se puede consultar: Magaloni, Diana, Metodología de Análisis de la Técnica Pictórica Mural Prehispánica: El templo Rojo de Cacaxtla, INAH, Colección Científica, 1995.

⁴ Aglutinantes son aquellas sustancias que mantienen unidos a los pigmentos entre sí y a estos sobre el sustrato. Es primordial identificar la sustancia aglutinante para conocer la técnica pictórica. De la naturaleza química del aglutinante dependen muchas características

Con el fin de acercarnos lo más posible a la manera con la que los mayas eligieron resolver los problemas del manejo de los materiales en el medio ambiente particular que los rodeaba, comprendiendo la originalidad de su tecnología, hemos recurrido, como complemento de los estudios de laboratorio, a la lectura de documentos de los siglos XVI y XVII, y de fuentes secundarias, particularmente trabajos de etnohistoria. Este esfuerzo ha permitido reunir información sobre las técnicas pictóricas precolombinas diseminada en muy diversos documentos.

El estudio químico analítico para la identificación de sustancias orgánicas (aglutinantes de los pigmentos y aditivos de la cal) por CG/SM, requiere de materias primas que sirvan de referencia. En el caso de los estudios sobre las técnicas usadas en la pintura tradicional europea y en algunas tradiciones orientales, las materias primas, que sirvieron como aglutinantes del color, se conocen gracias a la información proporcionada por los tratados antiguos sobre el arte de la pintura. Así, se sabe que la técnica del "temple utiliza" la albúmina del huevo como aglutinante, y que en su variante de "temple grasso", recomendado para ciertos efectos, se añadía un aceite secante como el de linaza o nuez.

Este no es el caso para el estudio de la técnica maya. No contamos con información específica que hable sobre los materiales utilizados en las diferentes artes, y los documentos coloniales que hablan sobre las culturas

ópticas y de estabilidad frente al medio. Los aditivos son sustancias que se agregan para mejorar las propiedades del material original. En el caso de la pintura maya, son las sustancias que se agregan a la cal.

prehispánicas se refieren muy someramente a estas prácticas. Por otra parte, los materiales orgánicos usados en la pintura pudieron haber experimentado cambios químicos debido a procesos de la técnica misma y a los efectos del deterioro, hechos que obstaculizan su reconocimiento.

Por ello, los resultados obtenidos en el laboratorio han sido utilizados como evidencias documentales, al igual que la información recopilada en las fuentes escritas. Gracias a esta metodología hemos logrado penetrar el ingenioso mundo de los pintores mayas, entendiendo la técnica pictórica en su circunstancia geográfica y cultural. Este trabajo hace especial énfasis en tratar de deducir los principios que rigen el manejo de los materiales y en comprender las razones que influyeron en la toma de decisiones.

Por una parte, la investigación tiene como propósito describir la técnica pictórica como un proceso creativo concreto. Los artistas mayas estuvieron enfrentados a un medio ambiente particularmente difícil, con escasos recursos minerales y condiciones climáticas adversas. Las técnicas utilizadas en la creación de las pinturas murales ejemplifican los retos enfrentados por los artistas mayas y las maneras como decidieron resolverlos. Así, se presenta el contexto geográfico y climático en el que se desarrollaron las técnicas de pintura mural; se hace una breve exposición de los recursos materiales a disposición en las diferentes regiones de área maya, y se describen las características de manejabilidad de los materiales.

Por otra parte, el trabajo es un estudio comparativo de 24 sitios con pintura mural en el área maya (tabla 1). A pesar de que toda la región comparte una misma tradición, hecho que en sí mismo es significativo, existen ciertas particularidades materiales que permiten el agrupamiento de

pinturas murales en conjuntos. En esta parte se presentan los resultados de análisis de laboratorio y los datos proporcionados por las fuentes documentales.

Los lugares estudiados se ubican en los actuales Estados de Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Yucatán. Corresponden en su mayor parte al Clásico Tardío (600-950 D.C.); sin embargo, contamos con ejemplos del Clásico Temprano (300-600 D.C), del Post-Clásico Temprano(950-1200 D.C) y Tardío(1200-1500 D.C.).

Capítulo 1

La pintura mural del área maya

El arte de la pintura mural maya fue sin duda un reto artístico y técnico de primer orden. Las representaciones estuvieron en su mayor parte destinadas a ocupar el espacio entero de los muros abovedados del interior de algunos templos, de manera que el espacio pictórico constituye un microcosmos en el que los individuos pueden entrar y llevar a cabo ciertas acciones. Esto se logra percibir en la figura 1, La bóveda interna de la estructura 1 en Bonampak, Chiapas.

Las imágenes durante el período Clásico, compuestas de tal manera que sugieren la realidad visible, constituyen escenas en las que la figura de destacados personajes y la narración de sucesos de importancia política y religiosa, forman el programa pictórico. Sus características plásticas relevantes son como lo ha descrito Kubler, la preocupación maya por "la figura, la naturaleza y la forma humana",⁵ sin embargo, estas características plásticas tienen como fundamento material la técnica pictórica. Durante el Posclásico el estilo cambia y se comienzan a elaborar representaciones de índole abstracta, constituyendo un lenguaje pictórico con símbolos convencionales que hacen referencia a "la mitología, a la subsistencia, a la

⁵Kubler, George, The Art and Architecture of Ancient America, The Pelican History of Art, Penguin Books, (3 ed), 1984, p.30.

agricultura y la fertilidad"⁶. La técnica pictórica sigue siendo partícipe de la tradición del Clásico, pero se vuelve menos elaborada.

Desde el punto de vista de los materiales y los procedimientos, nos interesa destacar los aspectos más sobresalientes y que, a nuestro entender, caracterizan la técnica de pintura mural maya: el primero, se refiere a la fabricación de los soportes de pintura mural. Son los soportes de cal los que mantienen las imágenes policromas adheridas a las estructuras arquitectónicas, por lo que el conocimiento de la técnica empleada en su fabricación es esencial para definir la técnica pictórica misma. Por otro lado, los soportes de cal mayas han sobrevivido en el tiempo y, a pesar de las condiciones extremas de humedad y temperatura de la región, aún hoy día presentan características de cohesión y dureza. Los soportes en pintura mural cumplen también una función plástico-expresiva: imprimen su calidad de textura, color y luminosidad a la capa pictórica, por lo que su fabricación incluye asimismo, consideraciones estéticas.

El segundo, es la calidad material, la versatilidad, y la variedad de formas de aplicación de las superficies policromas, particularmente en las pinturas murales del Clásico. El uso de las capas pictóricas para crear efectos expresivos v.gr., transparencia, opacidad, sobreposiciones, zonas texturizadas de color, y líneas caligráficas de diversos espesores y texturas, son hechos que sugieren una manera particular de proceder que no puede ser definida con conceptos preestablecidos para las técnicas pictóricas occidentales. Si nos detenemos a observar la calidad material y plástica de la pintura mural maya,

⁶Staines, Leticia, "Los Murales mayas del Posclásico", en Arqueología Mexicana, Vol III. No. 16, INAH, 1996. p. 60.

es imposible considerarla igual a un fresco renacentista, o como una pintura al temple egipcia. Por lo contrario, inclusive a simple vista, su peculiaridad material y expresiva hace necesario un estudio a fondo de los materiales y los procedimientos en su contexto geográfico-cultural.

Por lo demás, las soluciones plásticas descritas son testimonio de una intención creativa de manera que el conocimiento y comprensión de los efectos que la técnica tiene sobre las soluciones plásticas, va a posibilitar una mejor aproximación al lenguaje pictórico. En este sentido, el presente trabajo es una herramienta de apoyo para la historia del arte prehispánico pues puede revelar una intención artística determinada.

El tercer aspecto, es la gran cantidad de colores empleados, hecho que muestra una prolífica industria de pigmentos. Los pintores mayas del Clásico se esforzaron por generar una amplia variedad de tonos. Algunos colores, especialmente el azul, el verde y el rojo, se presentan en al menos 4 distintas variantes en un sólo mural. Los colores de las pinturas del Clásico son formulados localmente, cada sitio presenta una distinta gama de mezclas de pigmentos. Durante el Posclásico, la paleta colorística se reduce, pero la fabricación de pigmentos experimenta una homogeneización entre sitios diferentes, hecho que puede indicar un cambio en la organización social que influye directamente sobre la manera de concebir materialmente la pintura.

En la reconstrucción de la técnica, y en el estudio de sus cambios a través de tiempo, hemos realizado un estudio sistemático de muestras de 23 sitios con pintura mural en el área como se puede ver en la **tabla 1** y en el mapa del área con los sitios estudiados, **figura 2**.

En vista de que no contamos con ningún documento original acerca de las consideraciones técnicas del arte de la pintura mural maya, hemos generado una serie de *documentos* sobre los materiales y la técnica con base en los análisis de laboratorio de muestras de pintura mural de estos 24 sitios. Los análisis de laboratorio estudian aspectos físicos y químicos de los materiales originales. Las técnicas empleadas se encuentran entre las más adecuadas y modernas para el diagnóstico de la técnica y de la conservación de los materiales en pintura mural.⁷ Así, la cromatografía de gases/espectrometría de masas (CG/SM) y cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), fueron empleadas para el análisis de las sustancias orgánicas que pudieron haber sido usadas como aglutinantes de la capa pictórica y como aditivos para la cal; la microscopía óptica y reacciones específicas sobre secciones microscópicas, se utilizaron para el análisis de las películas pictóricas y la estratigrafía; la microscopía electrónica de barrido (MEB) con espectrometría de dispersión de energía (EDE) con detector de elementos ligeros, fue empleada para la identificación de pigmentos y el estudio de la fabricación de los soportes; y por último, la difracción de rayos X por el método de polvos (DRX), para la identificación mineralógica de los pigmentos y los diferentes tipos de cal y de cargas inertes. Estos sofisticados análisis se llevaron a cabo gracias a la colaboración interdisciplinaria con científicos especialistas y con instituciones de

⁷Matteini, Mauro, "Investigations diagnostiques pour l'étude et la conservation des peintures murales", en, Analyses et Conservation d'Oeuvres d'Art Monumentales, R. Pancella, (editor). Lausanne: Laboratoire de Conservation de la Pierre-EPFL, 1995, pp.37-50.

investigación de la UNAM, así como instituciones extranjeras. Mi agradecimiento sincero para todos mis colaboradores, ya que sin ellos este trabajo no hubiese sido posible⁸.

Los resultados de laboratorio permiten percibir que las pinturas murales del área maya presentan características técnicas y materiales comunes, con un rango más o menos restringido de variantes locales, hecho que posibilita hablar de una tradición maya de pintura mural durante el Clásico que sobrevive con ciertas alteraciones al Posclásico. Los elementos que comparten son:

a) una estratigrafía pictórica común : sobre un muro de piedras calizas se aplica el soporte constituido por un mortero rugoso y un enlucido fino sobre el que se aplica la capa pictórica.

b) en la fabricación del soporte, el uso de cal y de cargas suaves, generalmente arena calcítica, llamada en maya yucateco *sascab*.. Ambos materiales son extraídos localmente y las variantes dependen de las características geológicas de la zona.

c) el empleo de un aditivo orgánico (polisacáridos) que mejora las propiedades de la pasta de cal en los soportes y que representa una respuesta al medio ambiente particular de la región.

e) el uso de una técnica de aplicación del color que combina los recursos

⁸La cromatografía de gases/espectroscopía de masas fue realizada por el Dr. Richard Newman del Analytical Laboratory del Museum of Fine Arts, Boston. La difracción de rayos-X fue hecha por la Ing. Química Leticia Baños, del Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM. La Microscopía Electrónica de Barrido fue realizada en colaboración con el Dr. Richard Siegel y el microscopista Richard Lee, en el Argonne National Laboratory, en Illinois. La microscopía óptica fue realizada por mí gracias a la generosa ayuda del Ing. ETS. Renato Pancella, del Laboratoire de Conservation de la Pierre, en Lausana, Suiza.

aglutinantes de la cal y de sustancias orgánicas en mezcla.

d) el uso de arcillas blancas (saponita, atapulgita, kaolinita) en combinación con tintes vegetales para la fabricación de los pigmentos azul y verde, y en combinación con pigmentos minerales para la obtención de capas de color densas con capacidad de textura y alto poder cubriente.

Todos estos elementos son claves para entender la técnica pictórica maya, por lo que los trataremos de forma particular a lo largo del trabajo. Las implicaciones culturales de la técnica serán abordadas al interpretar los resultados de laboratorio a la luz de los documentos históricos. La reconstrucción de la técnica pictórica contempla ambos aspectos de manera complementaria: se abordan los factores objetivos de la ciencia de materiales, las características físicas y químicas de las sustancias usadas en su contexto geográfico y climático; a la vez, la técnica es vista como la expresión cultural de una voluntad artística, y de una experiencia y visión del mundo circundante. En breve, la técnica pictórica es a nuestro entender, la expresión de la tensión entre lo que se quiere o necesita representar, y las condiciones materiales para lograrlo: es a la vez circunstancia e intención. Como lo expresa Tatiana Proskuriakof al hablar de las pinturas de Bonampak: la técnica pictórica tiene tanto peso sobre el estilo como lo tiene la calidad intelectual del artista; desafortunadamente se requiere de un estudio altamente técnico para poder reconstruir los procesos a partir del producto.⁹ Esta reconstrucción a partir del "producto" es el objetivo del presente trabajo.

⁹Ruppert, Karl, Thompson, Proskuriakoff, Bonampak, Chiapas, Carnegie Institution of Washington, 1955, p.73.

1.1 Antecedentes: teorías en torno a la técnica pictórica

Es sin duda asombroso que las pinturas murales de los mayas hayan llegado hasta nosotros sobreviviendo a las difíciles condiciones de alta humedad, exuberante vegetación y temporadas de lluvia abundante durante la mitad del año. Es verdad que no en todos los sitios se conservan las pinturas íntegramente como en Bonampak, y que en la mayor parte de los casos contamos con evidencias fragmentarias; sin embargo, desde el punto de vista de los materiales, sorprende la enorme variedad de colores, la calidad viva de los tonos y, en general, la riqueza y complejidad de las composiciones. Al observar los fragmentos podemos intuir que los pintores mayas fueron maestros en su arte. El mismo Stephens escribía a mitad del siglo XIX, al encontrar las pinturas del Templo de los Jaguares en Chichen Itzá:

Las paredes y techumbre [estaban] cubiertas totalmente de pinturas, representando en vivísimos y brillantes colores figuras humanas, batallas, casas, árboles y escenas de la vida doméstica. Pero el primer sentimiento de satisfactoria sorpresa quedó destruido al contemplar que todo aquello estaba mutilado. Por largo tiempo estuvimos en ansiedad, ... con los fragmentos de pintura que íbamos encontrando, produciendo en nosotros la fuerte impresión, de que en este arte más percedero y destructible los constructores de estos edificios habían hecho más progresos que en la escultura, y de que así era en efecto, teníamos la prueba en aquel momento ¹⁰.

La maravilla ante los colores y la riqueza de las pinturas ha motivado diversas teorías en torno a la naturaleza de la técnica pictórica empleada por los pintores prehispánicos. Hay quienes sostienen que las pinturas murales

¹⁰Stephens, John, En Busca de los Mayas: viajes a Yucatán, (trad) Justo Sierra, Yucatán:Editorial Suesta, p. 256

tuvieron que haber sido realizadas con la técnica al fresco,¹¹ arguyendo que ésta es la técnica pictórica que más resiste el intemperismo y que de otra manera no se explica que hayan sobrevivido; justifican la ausencia de tareas y jornadas,¹² características del fresco, con el argumento de que fueron realizadas por medio de una "forma colectiva de trabajo".¹³ Existen opiniones divergentes como la de Salvador Toscano, quien tenía la sospecha de que los colores de los murales prehispánicos habían sido aplicados en seco mezclando los pigmentos con alguna goma vegetal que los fijara.¹⁴ Por su parte, Ann Morris, en su trabajo sobre las pinturas murales del Templo de los Guerreros, en Chichen Itzá, agrega una posibilidad más al llegar a la contradictoria conclusión de que las pinturas habían sido realizadas con una técnica de *fresco seco*, es decir, la aplicación de los colores mediante agua de cal sobre un enlucido seco.

Existen pocos estudios sobre los materiales usados por los pintores mayas basados en análisis físico-químicos. R. Gettens, al estudiar por microscopía óptica algunas muestras de Bonampak, en 1946 opina que las pinturas fueron ejecutadas utilizando un aglutinante acuoso sobre un enlucido seco.¹⁵ En 1966, se vuelven a hacer estudios sobre las mismas

¹¹Miguel Angel Fernández, en Tentori, Tullio, *La Pittura Precolombina*, Colección *Grandi Civiltà Pittoriche*, Società Editrice Libreria, Milano, 1961, p.106.

¹²Tarea y jornada, en italiano *pontate e giornate*, son las marcas que dejan las diversas y consecutivas aplicaciones de enlucido de cal húmedo para pintar la sección correspondiente antes de que éste seque.

¹³Villagra, Agustín, Bonampak, *La Ciudad de los Muros Pintados*, INAH, 1949, P.16 y Espinosa, Agustín, *Bonampak*, Citybank-CityCorp, Ed., México 1988, p36. se opina lo mismo acerca de Bonampak: "no se notan tareas, hecho que podría indicar que la obra fue realizada por varias personas a la vez"

¹⁴Tentori, Tullio, Op. Cit. p.106

¹⁵Ruppert, Karl, et al. Op. Cit. p.43.

pinturas, esta vez a cargo de investigadores del Instituto Real del Patrimonio Artístico de Bélgica, quienes, a pesar de encontrar evidencias de un polisacárido en las capas pictóricas por medio de cromatografía en capa fina, opinan que las pinturas fueron realizadas al *fresco*.¹⁶

En 1994, Frida Mateos, en colaboración con la Facultad de Química de la UNAM, hace un estudio mediante FT-IR de los relieves y la pintura de Toniná, Chiapas, señalando evidencias de un aglutinante orgánico, posiblemente una goma resina, ya que encuentra ésteres en combinación con azúcares en las capas pictóricas.¹⁷

En suma, contamos con opiniones encontradas y evidencias fragmentarias acerca de la técnica de pintura mural maya. El presente trabajo representa el primer esfuerzo sistemático de estudio de la técnica pictórica mural del área maya por medio de técnicas de laboratorio avanzadas. Los datos obtenidos constituyen un punto de partida para el estudio de la pintura mural como un hecho técnico-artístico de gran trascendencia.

1.2 La técnica como expresión cultural: el reto de la pintura mural maya

El ser humano, según lo describe H. Glassie, es una entidad activa que percibe e imagina constantemente. Así, activamente va creando y acumulando preceptos y conceptos sobre el mundo y sobre sí mismo, los cuales se van amalgamando, transformando y negando en un proceso sin fin.

¹⁶Hanau, Kléber, Masschelein-Kleiner, Thissen y Tricot-Marckx, "Les Peintures Murales Mayas de Bonampak Analyse des Materiaux", en Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bulletin IX, 1966, pp.114-120.

¹⁷Mateos, Frida, Técnica y Materiales de los Relieves Policromos y la Pintura Mural de Toniná, Chiapas, Tesis de Licenciatura ENCRM-INAH, 1994.

Este impulso y dinamismo, llevan al ser humano a crear distintos modos de comunicación a través de los cuales poder contemplar el reflejo de sí mismo y de su mente; estos actos de comunicación generan muchas formas de expresión, o lenguajes. La expresión de ese interminable proceso de conocimiento implica ambigüedad, espontaneidad, metáfora, no se puede reducir, afirma el autor, a un claro discurso, o a un conjunto de datos estadísticos. Así, los seres humanos aprenden a hablar y a hacer. "El lenguaje se presenta como una forma intangible de su ser, mientras que en el hacer, su propia humanidad se revela en forma concreta" ¹⁸

La pintura mural tiene en su naturaleza ambos aspectos. Es un lenguaje plástico cuyo contenido se presenta como una estratigrafía de significados múltiples y paralelos: en un nivel, la representación en imágenes narra hechos y sucesos, describe circunstancias y características; en otro, informa conceptos e ideales, traduce percepciones; en otro, divide y jerarquiza la realidad, la recrea. A la vez, la pintura mural constituye una aventura material en la que el hombre se enfrenta cara a cara con la naturaleza y con los materiales, para transformarlos en el espacio-pictórico de su imaginación-- un espacio que puede ser habitado físicamente. Por ello, la pintura mural implica un reto material de primer orden. En este sentido la técnica es un acto a través del cual, parafraseando a Glassie, la fuerza creativa humana se manifiesta y concretiza.

La tecnología, en otro sentido, también nos habla de la relación del hombre con el mundo que lo rodea. La transformación de los elementos

¹⁸Glassie, Henry, "Meaningful Things and Appropriate Myths: The Artifact's Place in American Studies" en, Prospects III, 1977, pp.4, 33.

naturales en objetos culturales, presupone una noción sobre la naturaleza y una relación específica con ella. Los seres humanos toman distintas distancias con respecto a la naturaleza y ello presupone una visión del mundo. Los materiales pueden ser apreciados como elementos activos--cargados con cierta fuerza anímica--, o como objetos inanimados--desposeídos de una historia que los relacione de manera particular con el hombre que los emplea. Esta forma de relacionarse con el mundo material y natural implica que un sistema de valores y creencias subyacente se manifieste de manera práctica en la técnica. Todo esto se hace evidente en el estudio de los materiales de la pintura mural, particularmente en el trabajo con la cal.

Paralelamente, la transformación de los recursos naturales en recursos expresivos o culturales, supone una base de conocimientos sobre el comportamiento y las características individuales de cada material formada a través de la observación, la experimentación y la interpretación de los hechos, así como una sistematización de esos conocimientos. Como lo expresa Stanley Smith, debemos ser capaces de ver en el hombre que modificó el lodo para hacer una figurilla de terracota, simultáneamente, a un artista que da forma a sus pensamientos, a un científico que observa y comprende las propiedades de la materia, y a un técnico que pone en práctica estos conocimientos.¹⁹

Las tecnologías pre-industriales poseen una dimensión "poética" escribe Glassie:

La casa de madera que ha transformado el bosque tallando y

¹⁹Smith, S.C. Art Technology and Science: Notes on Their Historical Interaction, Selected Essays on Science, Art and History, MIT, Press, 1981, p.194.

cortando la madera de los troncos a mano, contiene la narrativa de la batalla. Le enseña a sus habitantes su posición en el universo y los instruye con un sentido de sus capacidades. Por medio de esta experiencia los hombres aprenden la validez de su cultura. Conforme la tecnología se vuelve más y más artificial, los muros que los rodean no serán más testigos de la batalla humana y de la relación del hombre con la naturaleza. Así, la dimensión poética de la tecnología se disuelve.²⁰

La pintura mural maya debió haber dotado de gran seguridad a sus creadores. Los técnicos y artistas lograron no solamente construir templos, palacios, caminos, ciudades, sino que pudieron reproducir con colores y en dos dimensiones, aspectos importantes de su forma de percibir e imaginar: lograron el reflejo de sí mismos.

Ello significó muy probablemente, un gran reto a resolver y un gran alcance. La dificultad sin duda, fue el formular una suspensión de pintura cuyos colores pudieran ser manejados con libertad y que tuvieran la capacidad de permanecer en el tiempo. Los mayas llegaron a esta meta venciendo a una naturaleza extremosa y que proporcionaba escasos recursos minerales. La pintura mural es entonces el reflejo policromo del mundo extinto de los mayas, a la vez que concretamente aún posee la dimensión poética de la batalla del intelecto contra el tiempo, y los efectos destructores del medio ambiente.

Otro aspecto cultural de la tecnología de la pintura mural es que, por la magnitud del proyecto (una obra pictórica a gran escala que se adhiere a la arquitectura para dotar al espacio de significado y color), requiere del trabajo

²⁰Glassie, Henry, "Vernacular Architecture and Society", en, Material Culture, Vol. 16, NO. 1, 1984, p.10.

conjunto de una serie de especialistas y de una entidad social que comisione y permita su realización. En este sentido, la técnica pictórica es una manifestación de relaciones sociales y de poder entre los hombres de un grupo determinado.²¹ La pintura mural adherida a monumentos religiosos o civiles, no puede ser un acto individual y solitario, sino público y colectivo. De esta manera el estudio de la técnica pictórica no solamente sirve de apoyo a una historia del arte interesada en estudiar la intención artística, sino a una historia social del arte que tome en cuenta los condicionamientos y las relaciones sociales del hecho artístico. A través de la descripción detallada de los requerimientos físicos concretos que implica la aventura material de la pintura mural, podemos deducir la organización social que posibilita llevar a cabo dicho proyecto. Visto desde este punto de vista, aquel "artista, científico y técnico" descrito por Stanley Smith, se traduce en las organizaciones al interno de una cultura que permiten el desarrollo de especialistas en las artes y técnicas necesarias para producir representaciones murales. Los posibles grupos sociales serían: los técnicos y maestros de la cal, de los pigmentos, y de las gomas vegetales; los intelectuales generadores del concepto y los artistas, realizadores del diseño; los aprendices y trabajadores que ejecutan tareas secundarias y de apoyo. Todos ellos trabajando en un proyecto comisionado por el grupo en el poder.

1.3 Los elementos de la pintura mural

Para fabricar una pintura mural es necesario preparar los muros fabricando una superficie adecuada sobre la cual se pinta, llamada soporte.

²¹Ibidem, p.10.

Este se elabora con una mezcla cementante capaz de ser extendida sobre la pared y que al secar permanezca estable. Los soportes puede tener distinta naturaleza: apisonados de tierra y arcillas, enlucidos de yeso sin cargas, enlucidos de cal y arena, aplanados de cemento. En el área maya los soportes se fabrican con base en la mezcla de cal y arenas.

Sobre el soporte se realiza un dibujo preparatorio. Generalmente, por su naturaleza, la pintura mural implica extensiones grandes a ser cubiertas por la pintura y la creación de un espacio pictórico habitable; la representación puede ser observada desde distintos ángulos y ocupa diferentes alturas en los muros. Esta característica diferencia a la técnica mural de otras expresiones pictóricas: los muros se transforman en el espacio de la representación en el que el espectador puede entrar, circular, habitar. Ello implica la creación de obras a gran escala que no pueden ser apreciadas sino a cierta distancia. La composición general debe ser prevista y diseñada en el dibujo preparatorio. Así, el artista se enfrenta con el problema de traspasar su diseño en pequeña escala y sin la dimensión espacial, a los muros que planea pintar en una escala mayor y que, al adherirse a la arquitectura, se verán transformadas en espacio-pictórico.

Los fresquistas del Renacentistas y del Barroco traspasaban el diseño sobre los muros, por medio un esquema de la pintura en la escala correcta realizado sobre papel. La siluetas se imprimían sobre el enlucido fresco, al presionar los orificios hechos sobre la línea de contorno del dibujo sobre papel con una gasa rellena de pigmento en polvo. De esta manera se generaba una serie de puntos que servían de guía para trazar el dibujo definitivo sobre el muro. Sin embargo, esto no resuelve el reto de la imposibilidad de trabajar

con la distancia adecuada las grandes dimensiones de la composición. Los pintores deben trabajar sobre una estructura de andamios que no permite alejarse del muro que se está pintando, en consecuencia, el artista no tiene nunca la visión de conjunto mientras trabaja. Todo esto hace que la pintura mural requiera de un dominio absoluto de las técnicas de composición y de dibujo.

Una vez realizado el dibujo preparatorio, el siguiente paso es aplicar el color. Las capas pictóricas están constituidas por pigmentos (pequeñísimas partículas de color de origen mineral o artificial), fijados entre sí y al soporte mediante un aglutinante. En pintura mural, el aglutinante puede ser de naturaleza inorgánica u orgánica. El agua de cal, o la cal misma, representa el único medio inorgánico tradicional usado para pintar. La capa pictórica que resulta de este tipo de aglutinante consiste en partículas de pigmento rodeadas por cristales de carbonato de calcio. Esta técnica se conoce como fresco (ver figura 3). Para que pueda llevarse a efecto, se requiere de un soporte de cal que permanezca húmedo durante todo el tiempo de la ejecución. Una pintura al fresco no contiene ningún tipo de materia orgánica que sirva de aglutinante, las partículas de pigmento quedan fijadas en la micro-red cristalina que forma el carbonato de calcio, integrándose completamente al soporte de cal. Si este proceso se lleva a cabo correctamente, la capa pictórica resultante adquiere la resistencia y la consistencia del soporte de cal una vez que fragua.

Las técnicas que emplean aglutinantes orgánicos para fijar los pigmentos son varias; en general, se denominan técnicas al seco, porque no se apoyan en el proceso de fraguado de la cal y por tanto no requieren de un

enlucido que permanezca húmedo cuando se pinta. Tradicionalmente, los materiales usados para este efecto han sido polímeros naturales que al secar forman una película permanente: gomas vegetales, clara y yema de huevo, cola animal y aceites secantes. Las capas pictóricas consisten en partículas de pigmentos adheridas entre sí y al soporte por el material orgánico. En las técnicas al *seco*, las películas de color no se integran con el carbonato de calcio del soporte como en la técnica al fresco, sino que penetran en él por los efectos de capilaridad. Por consiguiente, las capas pictóricas en estas técnicas son más susceptibles a los factores de deterioro químico y físico.

La **figura 3** muestra la estratigrafía de una pintura mural al fresco y otra al seco, y muestra los procesos diferentes de fijado de la capa de color. Cuando se pinta sobre un enlucido de cal completamente seco, el aglutinante es el único responsable de fijar los pigmentos al soporte, 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. El dibujo ilustra la manera en la que se forma una capa microcristalina de carbonato de calcio en la superficie del color. Es mediante este proceso que las pinturas al fresco se constituyen.

1.4 Características de las capas pictóricas en los murales mayas

Las muestras de pintura mural maya estudiadas presentan, casi sin

excepción²² una capa pictórica firme y muy bien adherida al sustrato de cal. Estas características las hacen más similares a las pinturas al fresco que a las pintadas mediante un aglutinante orgánico. Las capas pictóricas además, tienen un alto contenido de carbonato de calcio en superficie, hecho que podría sugerir la utilización de la cal como medio aglutinante. Algunas capas pictóricas sin embargo, poseen una consistencia y dureza tales que las hojuelas de pintura permanecen como laminas sólidas y estables inclusive sin sustrato, como se observa en la figura 4 tomada con lupa binocular a una ampliación de 32 X. Se observa una partícula de pintura verde maya sostenida por un alfiler, la capa pictórica verde es tan densa y compacta que no necesita del soporte de cal como sostén. Esta es una característica particular de los verdes de la pintura mural maya, como se muestra más adelante.

Por otro lado, como se presenta más adelante, en el apartado de análisis de las materias orgánicas, todas las capas pictóricas del amplio rango de sitios estudiados (ver tabla 1) contienen también material orgánico (polisacáridos y proteínas), hecho que muestra que, además de la cal, un aglutinante orgánico fue empleado para adherir los colores al soporte. La presencia del material orgánico es importante para explicar las distintas y versátiles formas de aplicación de las capas de color que permiten a los artistas mayas su particular expresión pictórica.

Los espectros por cromatografía de gases/espectroscopía de masas

²²La excepción a esta regla son las muestras provenientes del Templo de los Jaguares y las del Templo del Chac Mool en Chichen Itzá.

CG/SM y mediante cromatografía de líquidos de alta resolución HPLC de los diferentes sitios son suficientemente similares como para decir que conforman un patrón regular, lo que indica que el aglutinante orgánico usado para pintar es similar en todos los murales estudiados (trataremos este aspecto detenidamente en el capítulo 10 y en el anexo 3).

En efecto, las observaciones *in situ* de las cualidades materiales y plásticas de las superficies pictóricas, sugieren que los artistas mayas se dieron a la tarea de encontrar una materia aglutinante del color que les permitiera gran libertad en la ejecución, y al mismo tiempo, que posibilitara la conservación de las imágenes de manera permanente. A continuación presentamos algunos ejemplos.

1.4 características plásticas de las capas de color

La **figura 5** muestra a uno de los integrantes de la procesión en la cámara 1 de Bonampak, Chiapas. Podemos apreciar varias calidades de la capa pictórica: primero, en la tela que el personaje lleva amarrada a la cintura, el artista recurrió al uso de una capa diluida de color mediante la cual se producen efectos de movimiento en el textil y de volumen en el cuerpo humano; las suspensiones de pigmento diluidas pueden sobreponerse en sucesivas aplicaciones hasta lograr diversas concentraciones de color dando como resultado efectos realistas de luz y sombra. Segundo, sobre el fondo rojo del textil, se realiza la representación de un brocado blanco. El alto poder cubriente del color blanco, y su la textura sobrepuesta implican el uso de una suspensión de pintura densa, que sea aplicada sobre la superficie ya seca del textil. La representación del bordado en blanco necesariamente requiere del

uso de un aglutinante orgánico capaz de formar soluciones viscosas, y de un pigmento con el poder cubriente necesario.

La imagen en la figura 5 presenta además otras características del manejo del color y de la línea muy interesantes. El brazo del personaje se construye con una línea de contorno blanca, la cual está sobrepuesta sobre la pintura café que da color a la piel. A partir de la línea blanca de contorno, el pintor utilizó distintas capas de color para modelar la espalda y dotarla de volumen. Ello implica una forma de aplicación del color mediante transparencias y superposiciones, y una concepción formal en la que se emplean las áreas de luz como generadoras de volumen.

En la figura 6 vemos a un personaje de las pinturas murales en Ichmac, Campeche. El alto poder cubriente del color café, con una saturación pareja muestra otra manera de tratar las superficies pictóricas y la búsqueda de una calidad plástica diferente. En este caso el artista no buscó modelar los cuerpos mediante diferentes calidades de luz y sombra, como en la figura de Bonampak (figura 5), sino lograr una saturación total de la superficie pictórica. El tratamiento homogéneo de la superficie pictórica y el alto poder cubriente de la capa de color fue lograda mediante la adición de la arcilla paligorskita a la mezcla de pigmento terroso. La arcilla permite formar una pasta densa que al ser aplicada es susceptible de ser bruñida.

La figura 7 es una fotografía de detalle de una de los enmascarados en el cuarto 1 de Bonampak. En este caso el artista buscaba crear una textura densa en la capa pictórica, de manera que la máscara adquiriera expresividad no solamente por el uso del color y por efectos del diseño, sino recurriendo a una especie de "impasto" con movimiento. De hecho es un recurso que

utilizaron grandes figuras de la pintura moderna, por ejemplo Van Gogh. La superficie texturizada se pudo haber logrado con base en la mezcla de pigmentos terrosos con la arcilla paligorskita, hecho que permite la creación de una pasta densa de pintura, y también por medio de la textura del soporte de cal de manera puntual.

Tanto en el caso de Ichmac, como en el de Bonampak, la adición de la arcilla paligorskita para generar capas de color muy densas, posiblemente se acompaña con el empleo de un aglutinante orgánico que, por su capacidad coloidal permita la suspensión de partículas de pigmento y arcilla en un conjunto homogéneo y asegure así mismo la manejabilidad de la mezcla al momento de pintar. Esta mezcla de pigmentos con arcilla paligorskita para formar capas muy densas de color es un hecho de suma importancia para entender la técnica maya.

Por último, quiero mencionar el uso de veladuras con diversos colores para crear efectos de textura, luminosidad y densidad del color. Por ejemplo, con el pigmento blanco los artistas de Bonampak reprodujeron la calidad visual de las gasas de algodón empleadas por los nobles mayas. También reprodujeron la textura de finos tocados en sus penachos de plumas que parecen haber sido fabricados con un brocado blanco sobre gasa translúcida de algodón. Ver figura 8.

El color de las plumas de quetzal, el cual tiene una tonalidad azulada y una profundidad especial que semeja el brillo del plumaje, fue elaborado mediante dos capas superpuestas de verde claro y azul oscuro, el efecto de la transparencia otorga profundidad al tono . Esto se aprecia en la fotografía al microscopio óptico como se puede ver en la figura 42 (página 122). Este color

en particular posee un aspecto satinado en superficie diferente de los demás tonos, lo cual, si tomamos en consideración lo apuntado en la figura 4 acerca de la extraordinaria consistencia del color verde maya, sugiere que los verdes requieren de mayor cantidad de aglutinante.²³

Los ejemplos mencionados muestran que los artistas mayas manejaron el color de una forma compleja y variada; el sustento material de los efectos plásticos es la técnica. La hipótesis que se desprende de todo lo anterior es que los mayas se esforzaron por encontrar una manera de fabricar suspensiones de color que permitieran la versatilidad necesaria para su arte: capas pictóricas que pueden ser densas y saturadas, inclusive presentar textura de "impasto", junto con superficies acuareleadas, y tonos secundarios creados mediante transparencia y superposición. Creemos que los pintores mayas se basaron en el empleo de algún aglutinante orgánico con capacidad de recibir gran cantidad de pigmento en polvo y de mantener su capacidad untuosa para facilitar pinceladas continuas en distintas densidades.

Por último, también las líneas ágiles y caligráficas de la escritura jeroglífica sugieren el uso de un aglutinante orgánico. En el caso de las pinturas de Bonampak es evidente que el color del fondo de los cartuchos donde se inscriben los textos glíficos fueron pintados antes de ser utilizados para escribir. Así, los cartuchos dan testimonio de que la escritura se aplicó sobre una superficie coloreada, ya seca, y ello requiere sin duda de un

²³Esto no puede ser comprobado científicamente ya que los análisis por CG/SM no son cuantitativos. Sin embargo, en San Cristóbal de las Casas, junto con el Grupo de Artes Plásticas de los Altos de Chiapas, logramos comprobar que al cobinar el extracto de índigo (azul), con pigmento ocre, se logra un verde oscuro y que éste necesita de un aglutinante con una concentración de 8: 1000, mientras que el resto de los colores requieren de una concentración de 4:1000.

aglutinante orgánico.

En resumen, los pintores mayas del Clásico se esforzaron por formular diferentes suspensiones de pigmento que les permitieran imitar diversas texturas, luminosidades, calidades de objetos, colores y formas de la realidad circundante. Este esfuerzo plástico y material, junto con las condiciones ambientales y geográficas específicas en las que vivieron los artistas mayas, define la técnica maya de pintura mural, y la coloca en un nivel tecnológico digno de ser estudiado y analizado en profundidad.

1.4. Evidencias físicas de los procedimientos

Las pinturas murales de todos los sitios estudiados fueron llevadas a cabo de forma similar. Una vez que el mortero y el enlucido fino eran aplicados, el dibujo preparatorio era realizado en línea fina, continua, de color rojo. El color era aplicado directamente sobre el enlucido respetando el dibujo preparatorio. El enlucido no presenta ninguna evidencia de *tareas* o *jornadas* que permitan al pintor trabajar al fresco el área limitada por esta aplicación.²⁴ Por el contrario, los soportes cubren toda la superficie pictórica de forma homogénea.

Las observaciones *in situ* sugieren que los fondos eran las primeras áreas coloreadas, ya que por lo general el contorno coloreado de las figuras sobrepasa unos milímetros sobre el área del fondo. Los cuerpos de los personajes, los objetos, el vestuario y adornos personales se pintan

²⁴En italiano *giornate*, se denomina a la aplicación de enlucido de cal que se va a pintar en un día. Al día siguiente se puede aplicar otra zona; la unión de *giornate* queda siempre evidente. *Pontate*, o *tarea*, se refiere a lo mismo pero son áreas delimitadas por otros motivos.

posteriormente. El tratamiento diferenciado de estas áreas sugiere también que posiblemente distintas manos pintaron los fondos, el color de los cuerpos, los adornos y vestimenta personales. Es común que el color de la piel de los personajes, a pesar de variar en intensidades de café de manera que se cree un conjunto de individuos diferenciados por el tono de su cuerpo, presente un tratamiento plano, sin modelado. En cambio los textiles y objetos suntuarios, como plumas de quetzal, las cuentas y pendientes de jade, los estandartes, abanicos, cestos, las pieles de animal, las máscaras, etc., se trabajan con mucho detalle de textura, color y línea, sugiriendo diferencias de calidad material y volumen (figura 5). Es probable que ello indique que estos objetos eran trabajados por una mano experta y que simbólicamente poseen un valor especial para quienes los comisionaron. Es de llamar la atención el cuidado con el cual se realizan los trazos que conforman el plumaje de los penachos: sobre el color verde quetzal (que en sí mismo revela una sofisticada colorística), se trazan dos líneas paralelas en la parte que corresponde a la caña de las plumas, una amarilla, la otra roja. La yuxtaposición roja/amarilla de ambas líneas crea la ilusión de volumen en la caña de las plumas por los efectos de luminosidad diferenciada: la parte expuesta del cilindro de la caña es amarilla, la parte curvada hacia adentro, roja. Las líneas al mismo tiempo permiten seguir la dirección del movimiento del plumaje. Desgraciadamente la pintura roja/amarilla se ha perdido en muchos casos, los pequeños fragmentos posibilitan intuir el trabajo cuidadoso y experto de sus creadores. Estos detalles son particularmente perceptibles en Bonampak y Chacmultán. Otro ejemplo del trabajo meticuloso de los objetos suntuarios se aprecia en el diseño de los textiles y en la atención que se da a las calidades diferentes de

las telas. Como se ha mencionado previamente, los pintores mayas logran crear la sensación de ligereza, transparencia y movimiento de los algodones, así como representar el brocado y bordados diferentes en las bandas de cintura, faldellines y huipiles (estos detalles se aprecian en Bonampak, Chacmultún, Ichmac, Sodzil).

Por último es de notar la capacidad de expertos dibujantes de los pintores mayas. La línea negra es discontinua, por lo común no abarca toda la silueta de los personajes. En cambio, se utilizan para enfatizar detalles expresivos: el gesto de una mano, de una boca, del rostro de un personaje que se dirige a otro, los perfiles. Por lo general no se emplea una línea negra como contorno de objetos inanimados.

Durante el Posclásico, la manera de proceder presenta continuidad y cambio. Los soportes son similares a los del Clásico, formados por una mezcla de cal e inertes que forma una pasta que se extiende sobre los muros. No hay evidencias de aplicaciones sucesivas que muestren tareas o jornadas. El dibujo preparatorio se realiza directamente sobre el enlucido fino y sirve de base para la iluminación de las áreas de color. Aquello que cambia es la aplicación y características de las superficies pictóricas. Los pintores del Posclásico generan solamente dos calidades plásticas en las capas de color: una concentrada, de mayor intensidad, la otra diluida. Es evidente que en ambas calidades se utiliza la misma suspensión de pigmento, y que la de mayor concentración de color se logra mediante aplicaciones sucesivas, a la manera de la acuarela. Durante esta etapa tardía de la pintura maya no se recurre, como en el Clásico, a la formulación de suspensiones con diversas densidades que generan calidades de textura diferentes en el color. Por otro

lado, la línea de contorno es continua, de color negro y de un grosor apreciable. La línea tiene sin duda un papel plástico-expresivo muy diferente que en el Clásico, se constituye en el marco que contiene y que da forma a las imágenes, o bien continúa el juego de yuxtaposición de líneas saturadas de color, y líneas diluidas, tan comunes en este período. Esto se puede ver en la **figura 9**.

En resumen, las pinturas murales del Clásico se caracterizan por el tratamiento diferenciado de las superficies de color lo cual coadyuva a la creación de diferentes soluciones plástico-expresivas. Las suspensiones de pigmento parecen haber sido formuladas de manera diferente dependiendo del efecto que se quería obtener. En el capítulo sobre fabricación de pigmentos expondremos esto de forma detallada, por el momento es importante anotar que tanto las superficies pictóricas texturizadas, como las bruñidas con alto poder cubriente se elaboran al mezclar los pigmentos con la arcilla parligorskita o saponita. El tratamiento de acuarela con distintas transparencias se logra por medio de la aplicación sucesiva de capas de color, a la manera de la acuarela. Durante el Posclásico, este último efecto es el único que perdura, la pintura mural utiliza dos densidades, una muy diluida, aparentemente una sola aplicación; la otra sólida, realizada al sobreponer brochazos de color.

1.5 La estratigrafía de la pintura mural maya

A continuación se presenta una serie de fotografías al microscopio óptico (MO) y al microscopio electrónico de barrido (MEB) que ejemplifican

la estructura y características generales de las pinturas murales mayas, y a la vez, señalan diversos aspectos técnicos que serán considerados detenidamente en secciones posteriores del trabajo.

La **figura 10**, es una fotografía al MO de una muestra de Chacmultún, Yucatán, en donde se observa la apariencia común de la estratigrafía pictórica con luz visible. La capa de color verde tiene una transparencia y lustre característicos de los pigmentos azul y verde maya. Este estrato de color se encuentra sobre la superficie rugosa del soporte blanco de cal. En la fotografía la estructura del soporte es casi imperceptible, no existe una clara distinción entre el estrato de mortero subyacente y el enlucido delgado directamente en contacto con la capa pictórica (compárese esta imagen con la reconstrucción esquemática de la figura 3). Ambos estratos parecen una masa blanca, compacta en la que no se distinguen las arenas calcíticas que sirven de cargas inertes y estructurales a la matriz cementante de cal. Esta es una característica distintiva de la técnica maya: el empleo de aplanados de cal en los que las partículas de inertes son casi indiscernibles por ser agregados de la misma naturaleza mineralógica que la cal misma. Probablemente la blancura y luminosidad del soporte, así como su calidad plástica se deban, en parte, a la elección de este material de carga, y ello fue un aspecto apreciado por los pintores mayas.

Ahora bien, la misma muestra, vista en el microscopio electrónico de barrido MEB ²⁵ se observa totalmente diferente (**figura 11**). Los estudios por

²⁵El microscopio electrónico empleado fue JEOL modelo 6400 equipado con espectroscopía de dispersión de energía de rayos-X Noran 5000, con capacidad de análisis de elementos ligeros, es decir es un microscopio que puede analizar materiales orgánicos que contienen carbono en su estructura. Las muestras fueron preparadas carbón aplicado

microscopía fueron realizados en colaboración con el Dr. Richard Siegel y el microscopista Richard Lee en el Argonne National Laboratory, Illinois. La imagen se obtuvo mediante la técnica de electrones retrodispersados (IERD). La gradación lumínica implica diferencias en composición química y en peso molecular; así, las partes oscuras representan espacios en donde se manifiesta una sustancia poco conductora, con bajo peso molecular. El microanálisis indica que estos puntos negros están constituidos básicamente por carbono (C), lo que implica que se trata de una materia orgánica mientras que las partículas más claras y brillantes representan elementos conductores compuestos por calcio (Ca) y silicio (Si). Es decir, las zonas en negro que muestran concentración de materia orgánica rica en carbono, posiblemente señalen la presencia de un aditivo orgánico usado para trabajar la cal y para adherir la capa pictórica.²⁶

La fotografía permite distinguir varios estratos: en la superficie (capa 1), se observa una costra de carbonato de calcio formada como consecuencia del intemperismo; el microanálisis indica que el elemento dominante es calcio (Ca). La capa siguiente (capa 2) es la pintura verde, con alto contenido de silicio lo cual señala que se trata del pigmento verde maya, del que hablaremos más adelante. Los estratos subyacentes representan el enlucido (capa 3) y el mortero de cal (capa 4) respectivamente. En el mortero, las zonas

mediante evaporación.

²⁶En el microanálisis elemental obtuvimos el siguiente factor para el carbono: el porcentaje atómico de carbono libre al analizar el área que no presenta zonas puntuales en negro es de 12%. El área que sí presenta zonas en negro, es decir el mortero, es de 46% de carbono libre. Es decir en porcentaje atómico le corresponde al carbono es el 34%.

en negro muestran el alto contenido de aditivo orgánico, mientras que el enlucido, la ausencia de estas áreas oscuras denotan poca presencia de materia orgánica. Se observan en blanco, las partículas de arena calcítica, posiblemente *sascab* por el contenido de silicio. Se observa que debido a su pequeño tamaño de partícula, su morfología redondeada con cantos angulosos y la distribución y repartición de tamaños, el conglomerado de cal y arenas calcíticas es compacto y homogéneo. En el mortero las arenas calcíticas son mayores que en el enlucido. El color de la matriz de cal es un gris claro mientras que el de las cargas es blanco, ello muestra diferencia en composición, el silicio es un elemento más pesado que el calcio de allí su diferencia de color. Se aprecia en el mortero una partícula grande, redondeada, ello corresponde a un trozo de cal fraguada (CaCO_3) a manera de carga, o bien a una aglomeración de la cal al momento de fraguar.

La figura 12 muestra una fotografía al MO de la misma muestra de Chacmultún. La sección microscópica fue atacada con el reactivo Fuschina ácida para poner en evidencia en la estratigrafía pictórica la presencia de materia orgánica, particularmente proteínas. El reactivo fue preparado al 1% en agua destilada, la muestra fue atacada durante un minuto y enjuagada en agua corriente. La reacción positiva se comprueba por el color rosa intenso. El análisis muestra que solamente en el mortero hay presencia de una sustancia orgánica con alto contenido de proteico. La coloración coincide con los análisis al microscopio electrónico (Figura 11), en los que se evidencia que en el mortero hay un alto contenido de materia orgánica.

Las fotografías anteriores (figuras 10, 11 y 12) permiten observar las características de la estratigrafía mural de las pinturas mayas. Es importante

estudiar detenidamente cada uno de los constituyentes: los soportes formados por un conglomerado de cal, arenas calcíticas y materia orgánica, y la capa pictórica, formada por partículas de pigmento suspendidas en un medio que contiene carbonato de calcio y algún material aglutinante. Consideramos especialmente importante la evidencia de una tecnología que agrega a la cal sustancias orgánicas tanto en los soportes como en las capas pictóricas. Entender este fenómeno es esencial para apreciar la originalidad de la técnica maya de pintura mural.

Capítulo 2

La tecnología de la cal y la fabricación de morteros y enlucidos en el área maya

Las pastas de cal, *sascab* y gomas vegetales son parte fundamental del arte maya, y se emplean en la arquitectura para realizar acabados exteriores e interiores, en los relieves que decoran las fachadas de los templos y en la fabricación de pintura mural. Como observa Kubler, el uso del mortero hecho de cal para pegar una piedra contra otra en la construcción de la bóveda falsa, así como para construir los núcleos de los muros, es una costumbre maya que no se presenta en ninguna otra cultura precolombina.²⁷

En la elaboración de una pintura mural, el soporte sobre el cual se pinta es un elemento de vital importancia. Por una parte, como su nombre lo indica, estructuralmente recibe y sostiene a la capa pictórica; así, la textura y color que tenga el soporte, afectarán las propiedades ópticas de las películas de color. Un soporte homogéneo y liso, por ejemplo, coadyuva a la saturación del color y a la precisión de la línea, mientras que un soporte rugoso proporciona efectos de textura y opacidad a la capa de pigmento. Del buen estado del soporte, que es el intermediario entre el muro y la pintura, depende en gran medida la conservación de las imágenes. En última instancia son los aplanados sobre las estructuras arquitectónicas los que permiten la creación de representaciones murales. Las obras realizadas sobre cualquier

²⁷Kubler, George. Op. Cit. p.227.

otro tipo de soporte no son pintura mural.

La técnica y materiales usados en la fabricación de los soportes en pintura mural también determinan si la técnica pictórica es al fresco (cuando el soporte de cal debe permanecer húmedo durante la ejecución de la pintura) o al seco (cuando se puede aplicar la capa pictórica sobre enlucidos de cal que ya han fraguado). Por esta razón es importante entender la tecnología de fabricación de soportes en el área maya y cada uno de los materiales con los que se fabrican dichos aplanados.

Los estudios de laboratorio muestran que la pasta para fabricar los soportes es una mezcla de cal, arenas calcíticas (*sascab*) y gomas vegetales (polisacáridos) (capítulo 10, anexo 3). La cal es el elemento cementante, mientras el *sascab* cumple la función de esqueleto, otorgando la consistencia y rigidez adecuadas. El empleo de las gomas vegetales como aditivos para la cal será discutido posteriormente; por el momento basta mencionar que ello es una característica distintiva de la tecnología de la cal del área maya.

2.1 Obtención y trabajo de la cal

Haciendo Cal

Las rocas calizas deben ser trozadas en tamaños relativamente pequeños antes de ser calcinadas a una temperatura aproximada de 800°C (mínima necesaria para que la reacción se lleve a cabo). El proceso de calcinación es importante para la calidad de la cal, y por esta razón los hornos de cal son parte de la cultura técnica de los pueblos que han usado este material en sus construcciones. Los antiguos habitantes de la región maya, así como los

herederos actuales de la tradición, construyen hornos abiertos en los que se apilan maderas recién cortadas (verdes), formando un círculo en cuyo centro se colocan los trozos de piedra caliza. El diccionario de lengua maya yucateca se refiere al *chakah* como el "árbol del que se saca fuego y almáciga".²⁸ En efecto, varias fuentes confirman que el *chakah* es la madera utilizada para fabricar cal.²⁹ La madera del *chakah*, (*Bursera Simaruba*), también conocido como palo mulato o palo jiote, tiene un alto contenido de lo que en español se denomina almáciga y en maya *pom* o incienso. Nuestros análisis de laboratorio mediante CG/SM en el Analytical Laboratory del Museo de Fine Art en Boston, muestran que la almáciga del *chakah* es una goma-resina. Esto es, contiene un grupo de sustancias que se disuelven en agua (polisacáridos) y de ahí su denominación como goma, y otra parte está constituida por terpenos, elementos constitutivos de las resinas, que son altamente inflamables y que se diluyen en solventes orgánicos. El alto contenido de goma-resina en el interior de la madera permite, por una parte, que ésta arda aun cuando está recién cortada, gracias al contenido de terpenos, y por la otra, evita que se consuma rápidamente gracias a que los polisacáridos retienen humedad.

El recurso técnico de los mayas no es el construir hornos cerrados, como en Europa, sino edificar grandes cilindros con madera de *chakah*, los trozos de rocas calizas son colocados al centro. La serie de fotografías tomadas por

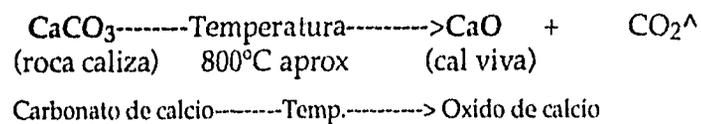
²⁸Diccionario Maya Cordemex, edición de Alfredo Barrera Vásquez, Mérida, Yucatán: Cordemex, 1980, p.77.

²⁹ Relaciones Geográficas de Yucatán, edición de Mercedes de la Garza, Op. Cit. p.22, Roys, "Ethobotany of the Maya", en Middle America Research Series, Pub. 2, 1931, p.228; y Steggeda, Mayan Indians of Yucatan, Carnegie Institution of Washington, pub. 531,1941, p.22.

Morris en 1931 (figura 13), son un documento histórico de esta técnica. El hecho de que la arqueología moderna no haya encontrado hornos de cal, puede confirmar que efectivamente es un hábito prehispánico el quemar la cal en hornos abiertos.

Los procesos químicos

La reacción química que ocurre durante la calcinación es como sigue:

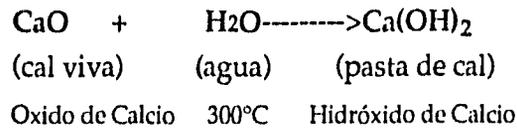


El óxido de calcio (CaO), llamado cal viva, es un polvo amorfo y blanquecino que se presenta en terrones compactos. Si se desea utilizar este material como cementante en la construcción, es necesario primero hacerlo reaccionar con agua, es decir, hidratarlo.

Al echar óxido de calcio en suficiente cantidad de líquido, ocurre una reacción exotérmica que hace subir la temperatura aceleradamente hasta llegar a aproximadamente 300°C; a este proceso se le llama "matar o apagar la cal". En maya yucateco este proceso se denomina *Tupa'n*, "candela"³⁰ refiriéndose al abrupto aumento de temperatura que ocurre durante la reacción. Terminado el proceso se obtiene una pasta blanca de hidróxido de calcio [Ca (OH)₂], que es la que se usa en la elaboración de morteros y estucos.

La reacción química es:

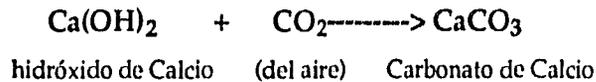
³⁰Diccionario Cordemex, p. 824



El proceso de fraguado de la cal

El siguiente paso es el proceso de fraguado de la pasta de hidróxido de calcio $[\text{Ca(OH)}_2]$, mediante el cual se vuelve a constituir un sólido. Ello se lleva a cabo gracias a la pérdida de humedad y a la reacción de los cristales de hidróxido de calcio con el bióxido de carbono del ambiente.

La reacción es la siguiente:



Es decir, se vuelve a establecer el carbonato de calcio original. Este proceso debe ser lento de manera que dé tiempo a que se reconstituya la red cristalina que forma el sólido. Cuando el fraguado ocurre rápidamente debido a circunstancias como alta temperatura en el ambiente, demasiada ventilación o falta de humedad, se obtienen morteros con poca cohesión y muy friables.³¹

En resumen, los tres pasos importantes en el trabajo con la cal conllevan cada uno una transformación del material. El primer cambio se realiza mediante la calcinación de las piedras calizas para obtener el polvo amorfo de óxido de calcio que se llama cal viva. El segundo paso es la hidratación

³¹Boynton, Robert, Chemistry and Technology of Lime and Limestone. Interscience Publishers, John Wiley and Sons, New York, 1966. p.52

completa de los óxidos de calcio y la consiguiente formación de una pasta untuosa de hidróxido de calcio. La tercera transformación es una vuelta al material original, carbonato de calcio, mediante el proceso de fraguado de la pasta. Los morteros y enlucidos de cal, en este sentido, son rocas calizas artificiales que mediante un proceso específico han adquirido nueva forma y textura.

2.2 La cal en Mesoamérica

La cal fue sin duda un material muy importante en la vida de los antiguos pobladores de Mesoamérica; no solamente fue generosa como ingrediente cementante del estuco utilizado en la construcción de todas sus grandes edificaciones, en la elaboración de relieves y pinturas murales, sino también, por su alta alcalinidad en agua,³² fue utilizada diariamente en la cocina y en algunas industrias prehispánicas que sobreviven hasta hoy casi inalteradas. Así, en la fabricación de tortillas, los granos de maíz seco se remojan en una solución de cal que los ablanda antes de ser molidos.³³ El papel indígena se fabrica al dejar remojando en agua de cal o agua con cenizas (potasa, igualmente alcalina), las tiras de la corteza de árboles, como el *amate* del Altiplano Central o el *kopo'* de la Zona Maya, para que éstas se suavicen y puedan ser batidas hasta formar pliegos. Steggerda describe que los actuales mayas de Yucatán fabrican un jabón hecho al dejar remojar

³²Una solución saturada a 0°C tiene un pH de 13. Boynton, R. p. 185.

³³Investigaciones recientes (reportadas por MacKinnon y May,) han demostrado que esta solución alcalina disuelve ciertos aminoácidos esenciales en el maíz y libera la niacina, hecho que ayuda a que el maíz pueda ser digerido evitando así la enfermedad conocida como pellagra, que causa disfunciones nerviosas, desórdenes gastrointestinales y erupciones en la piel. en Mac Minnon y May, "Small-scale Maya Lime making in Belize, ancient and modern" en, Mesoamérica, 1, 1990.

cáscaras de huevo en agua con cenizas (potasa). Las cáscaras humedecidas son molidas en el metate, y el polvo obtenido de ello se sumerge en agua aromatizada con flores y vainilla. Con la pasta que resulta se fabrican tabletas o panes que se dejan secar en una tabla para ser utilizados como jabones; las mujeres mayas utilizan el polvo a manera de talco aromático, para aliviarse del calor y la humedad³⁴. Estas prácticas nos muestran que la utilización de soluciones alcalinas fue y es parte fundamental de la química de las culturas indígenas y que la cal y la ceniza juegan un papel importantísimo en la tecnología.

El maya yucateco se refiere a la cal y a la ceniza como sinónimos porque ambos materiales en agua producen soluciones alcalinas. *K'uta'n* significa cal y ceniza o mezcla de ellas, particularmente "lo más fuerte de ellas", es decir, su efecto alcalino. *K'uta'an*, por su parte, quiere decir "desecho de mortero usado para hacer las cosas blandas". *Ta'an*, que significa polvo o caspa, es otra manera de referirse a la cal, a la ceniza y a la "mezcla para paredes".

Siendo un material tan estrechamente vinculado a la vida de la comunidad no es raro que exista gran precisión en el idioma para señalar los diferentes procesos de su obtención. De esta manera tenemos que *chuh ta'an*, horno de cal, señala un hecho fundamental en la concepción precolombina: *chuc* significa sacrificar algo al fuego. Horno de cal sería entonces el lugar en donde se sacrifican al fuego las piedras calizas, lo que habla de la connotación sagrada de la fabricación de la cal. Al respecto, Redfield y Villa Rojas³⁵

³⁴Steggerda, Morris, Mayan Indians of Yucatan, Carnegie Institution of Washington, 1941, p.34.

³⁵Redfield, Robert y Alfonso Villa, Chan Kom a Maya Village, Carnegie Institution of Washington, Washington D.C., 1934, p.169.

mencionan que los habitantes de Chan Kom no dejaban acercarse a las mujeres del poblado cuando se quemaba la cal, y cuando tenían que dejar el montículo de calizas dibujaban una cruz hecha con hojas de árboles para proteger las piedras en su ausencia. Es interesante que al terminarse el proceso de calcinación se obtenga, como material secundario, ceniza proveniente de la madera con la que se ha quemado la cal, de ahí, tal vez su identificación en el idioma maya.

Ruiz de Alarcón, por su parte, consignó en su Tratado sobre Supersticiones y Costumbres³⁶ una oración propiciatoria para la fabricación de la cal. Los encantamientos, como él los llama, van dirigidos a los instrumentos -el hacha que corta la madera-, al fuego que transforma y literalmente da vida a la cal, que es llamada mujer blanca, y al viento que prende y mantiene el fuego.

Ven, Sacerdote, Ven Su-tonal, Uno Agua [i.e. la madera];
reclínate en mi horno de cal encantada. Ahí cambiarás tu ser en
humo, en niebla. Con esto mi hermana, la mujer blanca (la cal),
será engendrada y nacerá.

Ven, Viento Verde. Ven para que despiertes a mi padre, Cuatro
Caña [i.e. el fuego], apresúrate. ¿Qué estás haciendo?, si sólo te
apresuraras, Mujer Blanca [i.e. la cal] nacerá. La veremos a la
cara ... [i.e. en persona].³⁷

³⁶Ruiz de Alarcón, Hernando, Treatise on The Healthen Superstitions and Costumes That Today Live Among the indians Native of this New Spain, 1629, Trad. Náhuatl-Inglés de Andrews, Richard y Ross Hassing, Oklahoma University Press, 1984, pp. 87-89. Nos hemos permitido emplear el Tratado de Ruiz de Alarcón, el cual es una fuente tardía y que trata sobre costumbres del Altiplano Central, por parecernos muy evidente la manera en la que en esta ocasión se describe el proceso de obtención de la cal

³⁷Ibidem., p.87 (la traducción del inglés al español es nuestra).

La cosmovisión del mundo mesoamericano, como lo explica López Austin, "es un macrosistema conceptual que engloba los demás sistemas, los ordena y los ubica."³⁸ Así, los encantamientos del oficial de cal, las costumbres que aún sobreviven en el pequeño poblado de Chan Kom, y las palabras en maya yucateco que se refieren a la cal, nos dejan ver que la obtención de este material tan familiar y necesario es un acto que involucra a la ciencia o magia de materiales de entonces. Tal vez, comprendiendo mejor los principios "mágico-experimentales" de los pueblos prehispánicos podamos entender mejor los secretos de su tecnología. Por el momento, sabemos que la transformación física y química de las piedras calizas durante la calcinación, es entendida como la acción prodigiosa del sacrificio de las piedras calizas al fuego y su posterior transformación en "candela" cuando el polvo de cal viva es apagado en agua. Podemos deducir también que la cal tiene una característica femenina, posiblemente porque se obtiene del interior de la tierra.

³⁸López Austin, Alfredo, Cuerpo Humano e Ideología, Tomo I, UNAM, 1989, p.58.

2.3 La cal como materia prima en la fabricación de estucos y aplanados.

Lo que no puede fallar

La cal, como cualquier otro sólido cristalino, está formada por pequeñas unidades o cristales. El tamaño y morfología de estos cristales son responsables de las características físicas de la cal en su estado de pasta húmeda (hidróxido de calcio) y en su estado sólido (carbonato de calcio). La adecuada calcinación de las rocas calizas y su completa hidratación van a permitir la formación de cristales de hidróxido de calcio laminares y pequeños. Estas características de tamaño y morfología permiten a la pasta de cal comportarse como un material plástico y adhesivo. La pasta de hidróxido de calcio se comporta como una solución coloidal: el agua actúa como lubricante entre los diminutos cristales laminares que al deslizarse uno sobre otro van formando una red microcristalina compacta.³⁹ Como lo expresan Phillipot y Paolo y Laura Mora, la plasticidad, capacidad de adherencia y resistencia mecánica de la cal, características que se requieren para que pueda ser usada como cementante y recubrimiento en la arquitectura, se derivan de la correcta calcinación de las rocas calizas y de su completa hidratación.

Al respecto, es interesante recordar que existen términos en maya yucateco para referirse específicamente a estos dos procesos: la calcinación es *chuh ta'an*, o "sacrificar las piedras calizas al fuego"; el apagar la cal es, *Tupa'n*, que quiere decir "candela", y describe el aumento de temperatura del agua en

³⁹Mora, Paolo, L. Mora y P. Philippot, Conservation of Wall Paintings, Butterworths, 1984, p.50 (la traducción es nuestra).

donde se sumerge la cal viva. Hemos ya mencionado que la técnica maya para lograr una buena calcinación es la de construir hornos abiertos con madera de *chakah*, en seguida abordaremos el proceso seguido por los mayas para lograr una completa hidratación de la cal. Para ello es necesario explicar algunas de las características físicas y químicas del proceso de solubilidad de los hidróxidos de calcio y de magnesio.

La temperatura como agente de deterioro

La solubilidad de los hidróxidos de calcio disminuye al aumentar la temperatura. Por ejemplo, si se tiene una solución transparente de hidróxido de calcio (agua de cal), a 0°C, su solubilidad es de 0.185 (g/100g de sol. saturada); al aplicar temperatura, los cristales comienzan a flocular y precipitar como sólidos disminuyendo la concentración de soluto. Así, la solubilidad a 40°C es de 0.140⁴⁰. Una solución saturada de hidróxido de calcio a 0°C tiene un pH de 13. Al aumentar la temperatura la solubilidad decrece, los óxido de calcio precipitan al fondo y a temperatura ambiente (22°C) el pH es de 11⁴¹. Esta información resulta significativa para el estudio de las técnicas mayas porque los artistas se enfrentaron al problema de las altas temperaturas del medio ambiente en el que vivían.

2.4 . La cal y las gomas: el secreto de los mayas

Sabemos que para obtener una pasta de cal con la plasticidad, adhesividad y resistencia mecánica necesarias, son importantes dos factores: 1) la hidratación completa de los óxidos de calcio (solubilidad), y 2) un

⁴⁰Ibidem, p.177.

⁴¹Boynton, Robert. Op Cit. p. 185.

proceso de fraguado lento que permita la constitución de una red cristalina compacta. Conocemos también los efectos negativos que tienen las altas temperaturas sobre estos dos factores.

Los oficiales de la cal en el área maya enfrentaron una problemática común: conseguir, en un medio ambiente con temperaturas tan elevadas como las de los bosques y sabanas tropicales, que sus cales trabajaran como el cementante plástico y adherente que buscaban obtener. La supervivencia de numerosos relieves policromos, pinturas murales, finos acabados interiores y exteriores en las construcciones mayas, son prueba de que los artesanos sabían trabajar la cal con extraordinaria maestría. El problema es entender cómo lo lograron en las circunstancias particulares de su geografía y cultura.

En capítulo 1 del trabajo se mostraron las características de los soportes de cal del área maya (figuras 7 y 8). Allí se mencionó que las pastas de cal contienen una materia orgánica a manera de aditivo para la cal. Estudios mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas (CG/SM) de las muestras, así como posteriores análisis mediante MEB, permitieron identificar que las pastas de cal contienen una goma vegetal.

La figura 14 es un ejemplo del tipo de espectros en CG/SM en donde se puede apreciar que las pastas de cal contienen una serie de azúcares o monosacáridos, los cuales son las unidades estructurales de las goma vegetales o polisacáridos. Al final del trabajo presentamos en el capítulo 6, los espectros obtenidos para las muestras analizadas por medio de CG/SM y HPLC de los aditivos y aglutinantes orgánicos encontrados. Por ahora es importante mostrar que efectivamente hay materia orgánica en los estratos pictóricos y que su presencia debe de tener un fundamento técnico.

Es muy importante entender el porqué los mayas formularon de esta manera sus pastas de cal, las técnicas occidentales conocidas no utilizan polisacáridos en mezcla con la cal. Las técnicas europeas utilizan una mezcla con caseína y cal. Nosotros creemos que la adición de gomas vegetales a la mezcla de cal, representa la mejor solución técnica que los artistas mayas encontraron para resolver los problemas que impone el medio ambiente extremoso en el que vivieron, particularmente el problema de las altas temperaturas.

Experimentos llevados a cabo por químicos de la industria moderna han mostrado que la adición de ciertas sustancias al momento de matar o apagar en agua la cal, mejoran la calidad del material cementante porque incrementan la solubilidad de los óxidos de calcio y de magnesio. La literatura recomienda agregar ciertas sales inorgánicas para tal efecto: hidróxido de sodio, de nitrato y el cloruro de calcio. Sin embargo, se señala que la sustancia que mejores efectos tiene en el aumento de la solubilidad de los óxidos de calcio son los monosacáridos disueltos en el agua donde se apaga la cal.⁴²

Los mayas llegaron precisamente a la misma conclusión. Encontraron que al agregar gomas vegetales, las cuales químicamente están formadas por monosacáridos, las propiedades de sus pastas de cal mejoraban considerablemente. Al agregar gomas se procura una mejor solubilidad de los óxidos de calcio y magnesio, y de esta manera los técnicos mayas resolvieron

⁴²Boynton, Robert. Op. Cit. pp.176-177.

el problema de las altas temperaturas del medio ambiente que dificultan el trabajo de la cal porque, como quedó dicho con anterioridad, al aumentar la temperatura se disminuye la capacidad de solubilidad de los óxidos de calcio, los cuales precipitan al fondo de la solución de hidróxido de calcio (capítulo 2).

Por otro lado, al añadir gomas vegetales a la pasta de cal, se mejoran las propiedades de fraguado de la cal. Como hemos explicado con anterioridad, la pasta de cal, formada por un sinnúmero de diminutos cristales de hidróxido de calcio se comporta como una emulsión en la que el agua funge de lubricante. La adición de la goma vegetal aumenta esta capacidad plástica al envolver a los cristales en una película resbalosa y generar una solución coloidal. Otro efecto positivo del agregar gomas es que éstas, por ser materiales altamente higroscópicos, ayudan a retener la humedad dentro del mortero, con lo cual el fraguado se lleva a cabo lentamente. En consecuencia la cal se transformará en un sólido cristalino, compacto y resistente. De hecho, en la restauración moderna, el grupo de conservación del ICCROM recomienda añadir una proporción de soluciones coloidales en mezcla de cal para ayudar a que se retenga humedad.⁴³

⁴³Ferragani, Forti, Malliet y Torraca, "Tecniche di conservazione degli intonaci", en, L'Intonaco. Storia, Cultura e Tecnologia. Atti del Congresso di Studi, Roma, 1985, pp.328-333.

2.5 La información en las fuentes

Fray Diego de Landa, al describir los edificios de Izamal, hace el siguiente comentario:

Lo alto era de terrado, encalado muy fuerte como allá se hace con cierta agua de corteza de un árbol.⁴⁴

Fray Diego de Landa confirma lo anterior cuando describe, en el capítulo dedicado a los árboles de Yucatán, la relación que con ellos tenían los mayas del siglo XVI:

Criaban mucho el árbol del incienso...otros árboles de cuyas cortezas hacen los indios cubillos para sacar agua... y otros de cuyas cortezas mojadas hacen un caldo para bruñir encalados, y los hacen muy fuertes.⁴⁵

Las observaciones de Landa soportan los resultados obtenidos mediante los análisis de laboratorio, sin embargo, no describen cómo se hacían estas mezclas.

Edward Thompson, quién documenta algunas de las prácticas de los habitantes de la región de Chichen Itzá en los años 30, describe algo similar al hablar de las pinturas diciendo que el blanco, no se sabe si se refiere al pigmento o el soporte de cal, se preparaba mezclando la cal con el jugo de un árbol llamado *chichebe*.⁴⁶

La manera de preparar la pasta de cal con goma pudo haber sido similar

⁴⁴ Landa, Fray Diego de, Relación de las Cosas de Yucatán, Editorial Dante, Mérida, 1992, p.124 (el subrayado es nuestro)

⁴⁵ Landa, Fray Diego de, Relación de las Cosas de Yucatán, Edición de Pedro Robledo, México D.F. 1938, pp.240-241 (el subrayado es nuestro).

⁴⁶ Thompson, Edward, People of the Serpent, Life and Adventure Among the Mayas, Houghton Mifflin Co. The Riverside Press Cambridge, New York, 1932, p. 184

a la que presencié Morris en Chichen Itzá durante sus trabajos arqueológicos de 1931.⁴⁷ Los albañiles, comenta, utilizaban una parte de cal, por tres de *sascab*, y los mezclaban en seco hasta integrarlos completamente. Apparently, según información recopilada por el mismo Morris, los trabajadores le señalaron que en "el pasado" la cal se trabajaba mucho mejor porque aparte se dejaba remojar en agua la corteza de *chucum* o algún otro árbol que liberara goma. Esta agua con goma se le agregaba en buena cantidad a la mezcla en seco de cal viva con *sascab*. Se dejaba así durante dos semanas antes de ser empleada. La mezcla se rehumedecía constantemente con el agua gomosa.

Littmann⁴⁸ señala que los mucílagos extraídos de la corteza de *Chucum*, *Chacté*, *chakah* y *Jabín* (ver tabla 3) eran utilizadas en Yucatán en los años 60, para ser mezclados con la cal y mejorar sus propiedades de plasticidad y buen fraguado. El autor realiza experimentos con las sustancias gomosas y llega a la conclusión de que solamente el *Chucum* tiene resultados positivos al trabajar con la cal. Un posible problema con sus experimentos es que al parecer el autor utilizó cal apagada para fabricar sus enlucidos, y no empleó la solución de goma y agua para apagar la cal.

En el diccionario Cordemex se encuentra la palabra *Holol* (*Belotia spp*),⁴⁹ que quiere decir árbol de corteza glutinosa. La corteza del *Holol* se usa

⁴⁷ Morris, Earl, H. J. Charlton y A. Morris, The Temple of The Warriors at Chichen Itza, Carnegie Institution of Washington, 1931, Vol. 1. p.223

⁴⁸Littmann, Edwin, R., Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: The Use of bark extracts in Lime Plasters, en, American Antiquity, Vol 25.No.4, 1960, pp.593-596.

⁴⁹Diccionario Cordemex, p. 227.

también en la cordelería para fabricar cuerdas, pero entonces se llama simplemente *Hol*. Resulta muy sugerente que *Ho'ol* signifique además lejía (solución alcalina), y *hohola* pegajoso, untuoso, lubricado, cuando la lejía de lavar es fuerte.⁵⁰ Es decir, la relación de los significados de estas palabras parece referirse a un mismo hecho: el efecto resbaloso de las soluciones o de las gomas que la corteza del *Holol* suelta cuando se sumerge en agua de cal, es decir, en una solución alcalina o lejía. Es muy importante tener en cuenta el papel tan importante que las soluciones alcalinas tienen y tuvieron en la química básica Mesoamericana, como quedó expuesto con anterioridad.

De manera más general, es importante recordar que los pueblos prehispánicos utilizaban las cortezas flexibles de ciertos árboles para distintas actividades rituales y cotidianas, de manera que la tecnología y ciencia de materiales de entonces incluye el uso selectivo de las cortezas de árboles con fines determinados. Como ejemplos de esta tradición podemos citar la fabricación de papel de corteza para los libros y adornos religiosos extendida en toda Mesoamérica; la elaboración de la bebida ritual maya *balche'* al poner la corteza o raíz del *balche'* en agua de miel fermentada;⁵¹ las cortezas en la fabricación de "cubillos para sacar agua" y para cordelería, como refiere Landa, y la costumbre lacandona de hacer ofrendas de cortezas amarradas.⁵² Tomando todo esto en cuenta no resulta extraño que una corteza específica se utilice en la técnica de fabricación de pastas de cal. A continuación se

⁵⁰Diccionario Cordemex, pp. 220 y 224

⁵¹Roys, R.L. The Book of the Chilam Balam of Chumayel, (1933), University of Oklahoma Press, 1973, p. 95

⁵²Tozzer, Alfred, A Comparative Study of The Mayas and The Lacandones, Archaeological Institute of America, The Macmillan Company, London, 1907. p. 129

presenta nuestra reconstrucción de la técnica.

2.6 Reconstrucción de la técnica de manufactura de morteros y enlucidos de cal

De acuerdo con la información etnohistórica y los datos de los análisis físicos y químicos de muestras de pintura mural, la técnica maya de fabricación de estucos se muestra diferente de lo que podríamos haber imaginado a partir de nuestra experiencia occidental. Probablemente, los técnicos mayas preparaban la mezcla de cal viva y arenas calcílicas en seco. Podemos imaginar que ello permitía una mejor distribución de los sólidos inertes en la mezcla, ya que el *sascab*, junto con el polvo de cal viva, podía ser cernido y mezclado hasta obtener un conjunto homogéneo. La palabra *sascab* en maya yucateco hace referencia a este fenómeno: "tierra con que se fabrica la cal".⁵³

Aparte, en un recipiente que debió haber sido grande, se dejaba remojar la corteza de *Holol* en agua (lo llamaremos *Holol*, por ser ésta la manera maya yucateca de nombrar esta característica corteza glutinosa). La mezcla (cal viva y *sascab*), era sumergida en el agua gomosa de *Holol*. Este hecho involucra varios procesos: en primer lugar, la cal viva es apagada en agua. La adición de la goma de *Holol* en el agua donde se apaga la cal tiene como consecuencia el incremento de la solubilidad de los óxidos de calcio, con lo que el proceso de hidratación de la cal se lleva a cabo eficientemente. En segundo lugar, hay que recordar que la reacción química de la cal viva, cuando se apaga en agua, produce un aumento de temperatura del líquido de aproximadamente 300°C.

⁵³Diccionario Cordemex, p.708.

La alta temperatura y alcalinidad del proceso deben afectar la goma de *Holol* previamente disuelta en el agua y a las partículas de *sascab* suspendidas en la mezcla. Así, la goma pudo haber iniciado el proceso de hidrólisis, es decir, de separación de sus azúcares constitutivos;⁵⁴ los aglomerados de *sascab*, bajo los efectos de la ebullición y el movimiento, pueden integrarse de mejor manera en la matriz cementante de cal, formando el compuesto integral tan característico de los morteros y enlucidos mayas

De acuerdo con la descripción proporcionada por Morris, la mezcla, una vez que este proceso se llevaba a cabo, se dejaba reposar y se rehumedecía constantemente con la solución gomosa. Si las caleras eran mantenidas en lugares frescos y a la sombra, esta pasta adquiriría propiedades de plasticidad y manejabilidad extraordinarias, que al fraguar constituía un sólido compacto y resistente sin necesidad de añadir cargas duras como el cuarzo. Es muy probable que la mezcla fuese una pasta densa, similar a la pasta del barro, ya que una de sus principales propiedades es la plasticidad, hecho que posibilitó, además del arte de la pintura mural, el de modelado en estuco.⁵⁵ Prueba de ello son sin duda los magníficos relieves en estuco y los bien conservados aplanados en el interior y exterior de las construcciones mayas.

En resumen, la técnica maya de fabricación de morteros y enlucidos de

⁵⁴Las gomas vegetales son polisacáridos formados por diversas unidades de azúcares (monosacáridos). Los monosacáridos se separan unos de otros mediante un proceso de hidrólisis que involucra aumento de temperatura y una reacción ácida o básica fuerte.

⁵⁵Vázquez del Mercado y Villegas, Los Estucos Modelados del Palacio y del Templo de las Inscripciones de Palenque: Una Metodología de Análisis para la Técnica de Manufactura. Tesis de restauración de Bienes Muebles, Escuela Nacional de restauración Conservación y Museografía, INAH, 1993.

Op. Cit. En su trabajo comprueban que en Palenque los técnicos de estuco lograron formular una pasta flexible y a la vez resistente que sirvió de base para el modelado en estuco.

cal se caracteriza por:

a) una integración casi total de las dos fases que conforman el mortero: las cargas o inertes (*sascab*) y la matriz cementante (la cal)

b) el empleo de aditivos orgánicos (polisacáridos) en la mezcla

La integración de ambas fases (*sascab* y cal) en un compuesto flexible, compacto y adherente, se debe en parte, a su similar naturaleza química (ambos materiales son derivados de las rocas calizas o dolomíticas de la región). Sin embargo, es fundamentalmente consecuencia de la manera de preparar la mezcla: la cal viva y el *sascab* al ser mezclados en seco forman un conjunto uniforme; posteriormente, esta mezcla en seco de cal viva y *sascab* es apagada en agua con goma de *Holol*. La reacción exotérmica coadyuva a la liberación de azúcares en la goma, hecho que incrementa la solubilidad de los óxidos de calcio, así como a la integración de las fases de *sascab* dentro de la matriz de cal. De esta manera, el agua gomosa utilizada para apagar la cal fue eficaz en combatir los efectos negativos que las altas temperaturas que medio ambiente tienen sobre la solubilidad de los óxidos de calcio y de magnesio.

2.7 Calizas diferentes, cales con propiedades distintas

Otro elemento que afecta la solubilidad es la naturaleza química de las rocas calizas. Mineralógicamente las rocas calizas pueden presentarse en la siguiente forma: la *calcita* CaCO_3 , generalmente de color blanco, puede estar teñida por impurezas; la *aragonita* CaCO_3 , presente en las conchas y moluscos, es de color blanco o manchada por impurezas-; la *dolomita*, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, puede ser incolora, o tener un tono rosado o color crema; y la *magnesita* MgCO_3 es de color blanco, crema y café. Sin embargo, las dos

diferencias fundamentales cuando se trata de rocas calizas es la división entre las que tienen un alto contenido de calcio (calcita, aragonita), y las que presentan magnesio (dolomita, magnesita).⁵⁶

Las calcitas dolomíticas y magnesitas, por el contenido de óxidos de magnesio, proporcionan una cal más difícil de humectar y con propiedades de sedimentación rápidas, que pueden afectar negativamente la plasticidad y en última instancia la capacidad adhesiva del material. La temperatura de disociación del carbonato de calcio es menor que la del carbonato de magnesio. Los óxidos de magnesio se queman a menor temperatura y en consecuencia su reactividad con agua es menor.⁵⁷ Cabe recordar que la región sur de la Península se caracteriza por tener este tipo de suelos dolomíticos, menos solubles y que por lo tanto permiten la acumulación de tierra fértil y la formación de lagos bajos (figura 16). Una muestra proveniente de Palenque, Chiapas, fue analizada al MEB para observar la morfología de los cristales de dolomita.

La figura 16 es una imagen en el MEB, a 2000X. Se observa la morfología topográfica de la cristalización típica de la dolomita. A notar que los cristales aciculares son homogéneos y tejen una red compacta. De ahí su gran durabilidad y resistencia a la humedad. Los agregados redondos y blancos muestran calcita.

La cal hecha de calcita-- Ca(OH)_2 --es, según pruebas realizadas por Boynton, 100 veces más soluble en agua que la de dolomita -- $\text{CaMg(CO}_3)_2$ --. Por esta razón, la solución de hidróxido de calcio es un álcali mucho más

⁵⁶Boynton, Robert. Op. Cit. pp.7-8.

⁵⁷Ibidem pp.288-289, 299,317.

fuerte que la de hidróxido de magnesio. A 0°C, una solución saturada de hidróxido de calcio (CaOH) tiene un pH de 13 mientras que una solución de hidróxido de magnesio (MgOH) presenta un pH de 10.5⁵⁸

Los análisis sobre la técnica de fabricación de morteros y enlucidos podrían sugerir que los mayas reconocieron las diferencias entre las cales elaboradas a partir de calizas y conchas, ricas en calcio, de aquellas obtenidas a partir de dolomitas, ricas en magnesio. Evidentemente no estamos proponiendo que conocían las diferencias en la composición química, ya que no contaban con los medios tecnológicos de la ciencia moderna, pero sí que conocían, a través de su experiencia práctica cotidiana, las propiedades diversas de las piedras calizas, y en consecuencia de las cales. Tozzer⁵⁹ en su estudio comparativo de los lacandones y los mayas yucatecos, señala que mientras que en Yucatán se utiliza la cal de piedra caliza para remojar y ablandar el maíz antes de ser molido, en la región Lacandona *"es difícil encontrar calizas con la pureza necesaria para producir la solución alcalina"*, y que para este efecto utilizan la cal de conchas de caracoles de río. Es decir, la práctica culinaria más extendida que es la preparación de masa de maíz implica también un conocimiento cercano de las propiedades alcalinas de la cal y en consiguiente de las diferentes calidades de la cal obtenida de rocas calizas, de dolomías, y de esqueletos de moluscos. Este conocimiento tan cercano debió haber sido compartido por los técnicos constructores mayas.

Un ejemplo muy concreto del reconocimiento de las propiedades de mayor plasticidad de las cales con alto contenido de calcio se hace evidente

⁵⁸Ibidem. p. 300.

⁵⁹Tozzer, Alfred, *A Comparative Study*. Op. Cit. p., 51.

en la fabricación de los colores blanco y rosado pálido usado en las pinturas de Bonampak, para dibujar detalles con líneas finas. El pigmento blanco fue identificado como calcita-aragonita, es decir, blanco de cal de concha, mientras que el soporte de las pinturas fue hecho con las calizas dolomíticas de la región.

Las fotografías al microscopio electrónico de barrido Figuras 17 y 18 son imágenes de una muestra proveniente Chichen Itzá, edificio de las Monjas, cuarto 22, cuya cal es eminentemente calcita. Como se puede observar, la estructura cristalina de la dolomita (figura 16) es muy diferente de aquella de la calcita (figuras 17 y 18). La dolomita presenta cristales elongados, aciculares, como si fuesen prismas agudos que entretrejen una red. Los cristales tienen tamaños muy similares, de esta forma, la estructura es compacta y homogénea. La cal hecha con calcita (figuras 17 y 18) permite apreciar las formas cristalinas rectangulares, o cúbicas, con cantos redondeados y las formaciones esféricas, tipo perlas, que se mezclan entre los demás cristales de calcita. La estructura cristalina es menos compacta y los cristales menos homogéneos en tamaño, y en morfología hecho que indica menor resistencia mecánica y menor resistencia a la humedad.

A continuación se presenta un capítulo que relaciona las distintas cualidades de las cales obtenidas localmente, con las diferencias en la técnica pictórica de los soportes de pintura mural en el área maya. Para ello es importante conocer la distribución de minerales en la Península de Yucatán y su efecto sobre la cultura constructiva y pictórica.

Capítulo 3

La historia mineral de la región y su influencia sobre las técnicas locales

3.1 La tierra más pedregosa...

La Península de Yucatán ofreció a sus antiguos habitantes escasos recursos minerales. Como quedara expresado en la cédula de la provincia de Mérida el 20 de mayo de 1580:

Con ser esta tierra una de las más pedregosas del universo no hay cantera de piedra preciosa, jaspe, ni mármol ni de estima más que de pedernales que aprovechan los indios en la paz para sus flechas para la caza y en tiempo de guerra para pelear.⁶⁰

Sin embargo, las evidencias proporcionadas por el estudio de los materiales de la pintura mural indican que, a pesar de la conspicua limitación en minerales, los mayas crearon una técnica particular que combina sustancias orgánicas, como mucílagos, gomas y tintas vegetales, con sustancias inorgánicas, como cal, las arenas calcíticas y las arcillas, hecho que les permite aprovechar sus limitados recursos de una manera óptima. Una de las características de la técnica maya es la explotación de recursos minerales locales.

Por parecer conveniente a los propósitos del estudio de los minerales

⁶⁰Relaciones Geográficas de Yucatán, ed. Mercedes de la Garza, Op. Cit. p. 81.

empleados por los artistas y técnicos mayas, podemos visualizar la composición geológica de este modo. La península de Yucatán, que actualmente incluye los estados de Campeche, Quintana Roo, Yucatán, parte de Tabasco, de Chiapas, en México, y la parte norte de Guatemala, es una *provincia geológica*, es decir, una extensión de tierra que al compartir importantes características geomorfológicas se considera una unidad estructural⁶¹ diferente de otras provincias geológicas. Como de su historia geológica dependen las características del suelo y de los recursos minerales que ofrece el territorio, nos detendremos un momento en ella.

Maldonado-Koerdell⁶² y Robert West⁶³ señalan que la península de Yucatán comienza a emerger de las aguas, de sur a norte, hacia fines del Plioceno durante el Terciario tardío. Una combinación de actividad tectónica continental y submarina, así como la continua sedimentación y relleno de la placa continental y el crecimiento de los arrecifes de coral, contribuyeron a la continua emergencia de la tierra. Aproximadamente un tercio de la superficie total de la península presenta, hacia el norte, un nivel homogéneo por la plataforma horizontal de calizas sedimentarias que emergió durante este período. Hacia el sur, en cambio, el terreno se va levantando gradualmente con la formación de una cordillera de elevaciones y fallas compuestas

⁶¹Maldonado-Koerdell, "Geohistory and Paleogeography of Middle America", en Handbook of Middle American Indians, vol I. Texas University Press, 1964, pp.5-6.

⁶²Ibidem, pp 3-24.

⁶³West, Robert, "Surface Configuration and Associate Geology of Middle America", en Handbook of Middle American Indians, Vol. I. pp.33-40.

también por calizas sedimentarias⁶⁴ y fosilíferas⁶⁵. Esta cadena de montañas, conocida como la Sierrita de Ticul, divide la parte plana del territorio, al norte, de la región de elevaciones formada anteriormente, durante el Mioceno, y que se extiende hacia el sur de Campeche y el Petén, en Guatemala, donde hay montes de hasta 350m.⁶⁶

En el área del Usumacinta, en Chiapas y hacia Guatemala, las elevaciones y fallas formadas durante el Eoceno también son consecuencia de la actividad tectónica continental, pero éstas se constituyen principalmente por dolomías sedimentarias (calcita-dolomítica).

De manera sintética la península es básicamente un territorio formado por calizas y dolomías sedimentarias, clásticas⁶⁷ y fosilíferas, con una total ausencia de rocas extrusivas.

Está dividida en dos regiones principales: la placa horizontal de caliza surgida tardíamente durante el Plioceno, ocupando una gran extensión de terreno hacia el norte, y la región de cordilleras, formadas en el terciario temprano durante el Eoceno y el Mioceno, que comienzan en la parte central de la Península y corren del noroeste hacia el sur, constituidas por calizas en la parte norte de la sierra y dolomías sedimentarias al sur. La **figura 19** muestra un mapa de la configuración superficial de la Península de Yucatán

⁶⁴Las calizas sedimentarias están formadas por la sedimentación de productos alcalinos provenientes de la descomposición de rocas alcalinas como el basalto y la andesita, así como por la deposición de calcio producido por organismos marinos.

⁶⁵ Las calizas fosilíferas son producto de esqueletos marinos, como ostiones, conchas, caracoles. Boynton, Robert. Op. Cit. p 69.

⁶⁶Boynton, Robert. Op. Cit. p.70.

⁶⁷formadas a partir de una solución: el travertino formado en los manantiales calientes, las estalactitas y estalacmitas de las cuevas.

tomado de Robert West.

3.2 Los minerales del área norte

En el norte, la placa horizontal de la península está compuesta principalmente por rocas calizas, con alto contenido de calcio, a las que mineralógicamente se denomina calcitas. Las calcitas, por su naturaleza química y mineral, forman superficies porosas y susceptibles de ser disueltas por el agua. Por esta razón, los suelos de la región están poblados de depresiones topográficas y hondonadas por donde se filtra el agua de lluvia. Estas cavidades, que pueden presentar diversos tamaños y configuraciones, fueron utilizadas por los antiguos pobladores: las hoyas, los cenotes o pozos (del maya *dz'onot*), y las cuevas y arroyos interiores fueron usados tanto con propósitos religiosos como para la agricultura y el mantenimiento, siendo los únicos recursos hidráulicos en la zona.

Sin embargo, un aspecto poco conocido de este fenómeno geológico son sus efectos sobre la técnica pictórica en general. Por una parte, los bancos de rocas calizas, y especialmente las cavidades en contacto constante con el agua, son lugares donde se forman y depositan minerales útiles para la construcción arquitectónica y para la manufactura de pigmentos, los cuales fueron explotados como minas.⁶⁸ Los minerales usados en la pintura mural y en la arquitectura, además de la cal, son: las arenas calcíticas,⁶⁹ llamadas en

⁶⁸Arnold, Bruce, Bhor, "Attapulgitte and Maya Blue, an ancient mine comes to light", en *Archaeology*, vol.28,num.1, January 1975 pp.23-29

⁶⁹Marl material suave, impuro, mezcla de rocas de origen marino en combinación con diversas arcillas y un porcentaje relativo de arena con silicio y aluminio. En, Boynton, Robert Op. Cit. p.11., y en el mapa geológico de América Central, Robert, West. Op. Cit. p.38 fig 4.

maya yucateco *sascab* ó *sahcab*,⁷⁰ y las arcillas blancas, o *sak lu'um* (tierra blanca)⁷¹ de naturaleza porosa y con grandes propiedades absorbentes, entre las cuales las más importantes fueron la atapulgita⁷², la saponita y la halloisita, empleadas en la industria maya de pigmentos.

Las rocas calizas con alto contenido de calcio se trabajan de mejor manera para hacer cal ya que los óxidos de calcio se humectan con facilidad. Por lo mismo, las cales de alta pureza en carbonato de calcio, tiene relativamente menor resistencia a los efectos de la humedad (recuérdese que la cal de calcita es 100 veces más soluble en agua que la cal hecha a partir de dolomitas con alto contenido de óxidos de magnesio). Es decir, los recubrimientos de cal en la arquitectura de la región norte de la Península van a ser tan susceptibles a los estragos provocados por el agua, como las superficie crástica de su placa caliza.

Por lo común, los soportes de las pinturas murales producidos con calizas calcíticas, van a presentar un tratamiento de bruñido de la superficie que tiene el efecto de cerrar los poros y compactar el material cementante como se verá más adelante.

En la serranía noroccidental, conocida como el Pucc, las cavidades crásticas, llamadas *chultunes*, producidas por la solubilidad de las rocas calizas, sirvieron para la acumulación de tierras arcillosas de diferentes colores, de las cuales se obtenían gran variedad de tonos rojos y cafés como se

⁷⁰el Diccionario Cordemex, usa el término *sahcab*, tierra blanca que mezclan con la cal, y *sahcab ch'en*, literalmente se refiere al pozo o cueva de *sahcab* p. 708.

⁷¹Arnold y Bruce, Bhor, Op. Cit. pp.23-29

⁷²Depósitos de atapulgita han sido encontrados en el lago Izabal, Guatemala y al norte de la península de Yucatán cerca de los pueblos de Ticul, Mama, Sacalmul, Maxcanu y Akil; otro depósito se encontró cerca de Uxmal, ver: Arnold y Bhor, Op. Cit. pp.23-29.

verá en el capítulo sobre pigmentos⁷³.

3.3 los materiales de las regiones del sur

Los suelos ricos en calizas dolomíticas se encuentran al sur. Ocupan principalmente las regiones del río Usumacinta, las cadenas de montículos que dan inicio a los macizos montañosos de Chiapas, el Petén Guatemalteco y parte del estado de Campeche. Aparentemente ciertas regiones del sur de la sierrita de Ticul presentan dolomías.

A diferencia de las calcitas compuestas exclusivamente por carbonato de calcio (CaCO_3), las dolomitas contienen al menos 20% de carbonato de magnesio ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).⁷⁴ Las calizas dolomíticas, con alto contenido de óxidos de magnesio, son rocas menos solubles en agua que las calcitas con alto contenido de calcio. En consecuencia, forman placas poco porosas que permiten la acumulación de tierra en superficie, favoreciendo el sustento de suelos más ricos y fértiles. Las placas dolomíticas, por ser menos solubles, posibilitan asimismo la acumulación de agua y la formación de ríos y lagos bajos.⁷⁵ Estas características del suelo influyeron en varios sentidos en la vida de los antiguos pobladores mayas. Además de haber ayudado al desarrollo de la agricultura, sirvieron a los artistas para la obtención de algunos materiales útiles en la pintura: los ríos arrastran piedras de las cuales es

⁷³Ver el capítulo sobre la taxonomía de los suelos del área Puc en: Dunning, P. Nicholas, *Lords of the Hills: Ancient Maya Settlement in the Puc Region* " Monographs in world archaeology 15, Prehistory Press, 1992, pp.33-58.

⁷⁴ Las dolomitas deben de tener una cantidad no menor al 20% de carbonato de magnesio en combinación con carbonato de calcio, Boynton, Robert S. Op. Cit. p.10

⁷⁵ West, Robert, Op. Cit. pp.68-73.

posible obtener ciertas arenas duras como cuarzos y feldespatos,⁷⁶ así como pigmentos de naturaleza terrosa que se obtenían por el método de flotación en arroyos, como veremos más adelante.

La cal que se obtiene de las dolomitas es menos soluble en agua. Por una parte el proceso de fabricación de pastas de cal será más complejo porque los óxidos de magnesio son relativamente insolubles. Es probable entonces que la presencia de gomas vegetales en mezcla con la cal sea una estrategia de esta región para poder trabajar sus cales dolomíticas. Por otro lado, una vez que fraguan los recubrimientos de cal dolomítica son menos susceptibles de ser re-disueltos por el agua. La aplicación de enlucidos sin proceso de bruñido en el área del Usumacinta podría deberse a esta característica.

3.4 Las costas

En el oeste y norte de la península, la plataforma continental que sigue hundida unos 150m. bajo el nivel del mar⁷⁷ forma bancos y arrecifes de coral ricos en recursos marinos. Gracias a las largas playas interrumpidas por manglares y lagunas, abundantes en fauna diversa, ambos litorales proveyeron de sal y pesca en tiempos prehispánicos.⁷⁸ Los sitios cercanos al litoral obtuvieron sus cales de tierra adentro, por lo que se puede decir que las rocas calizas son parte de la región del Pucc.

La costa oriental, en cambio, está formada por un litoral rocoso, de

⁷⁶Mateos, Frida, Op. Cit. identifica arenas de cuarzo empleadas en las pastas de estuco de los relieves de Toniná, al parecer del río cercano al sitio.

⁷⁷West, Robert, Op. Cit. p.68

⁷⁸Roys, L.R., The Political Geography of the Yucatan Maya, Carnegie Institution of Washington, Pub.613, Washington D.C., 1957, p.15.

acantilados bajos entre los cuales se encuentran playas menos extensas. A lo largo de la costa corren los arrecifes de coral más grandes del Atlántico que llegan hasta Belice, formando un área navegable, como si fuese una gran laguna.⁷⁹ Miller⁸⁰ y Roys⁸¹ proponen, con base en evidencias etnohistóricas, que la costa oriental, durante el Posclásico, fue un área interconectada por el comercio marino realizado en canoas, y que ello contribuyó al establecimiento de numerosos sitios mayas cercanos al mar.

Estos sitios costeros tuvieron fácil acceso a una gran cantidad de conchas y caparazones de moluscos a partir de los cuales fabricar cal.⁸² Recientemente MacKinnon y May,⁸³ en la excavación de un sitio del Clásico Temprano en la laguna de Placencia, Belice, encontraron lo que aparentemente fue un centro de producción de cal en pequeña escala, obtenida de la quema de conchas marinas. Los mismos autores observaron que esta tradición sobrevive en algunos de los poblados cercanos al lugar.

Nuestro estudio de caracterización mineralógica de los enlucidos y morteros de cal por medio de difracción de rayos X (tabla 2), confirma que, efectivamente, los sitios del Posclásico que bordean el litoral oriental obtenían su cal de la calcinación de conchas y caracoles marinos, o bien de la placa de calcita-aragonita de esta zona, ya que, a diferencia de los demás

⁷⁹West, Robert, Op. Cit. pp.68-73.

⁸⁰Miller, Arthur, "The Maya and the Sea, trade and cult at Tancah and Tulum, Quintana Roo, México" en, The Sea in the Precolumbian World, Dumbarton Oaks, Washington D.C., 1974, p. 99

⁸¹Roys, A Comparative Study... Op. Cit. p.143. (la traducción es nuestra)

⁸²Las conchas y esqueletos de moluscos están constituidos de carbonato de calcio en su forma de aragonita.

⁸³MacKinnon, Jefferson y Emily M. May, "Small-scale Maya Lime making in Belize, ancient and modern" en, Mesoamérica, 1, 1990, pp.197-203.

sitios repartidos en la Península, estos lugares presentan una cal calcita y aragonita, las cuáles se caracterizan por su alto contenido de calcio.⁸⁴

Los enlucidos y morteros fabricados con este tipo de cal son más susceptibles al deterioro por humedad; así, de las pinturas murales del Posclásico, como Tulum, Xelha, Cobá, presentan en general una multiplicidad de estratos de cal que muestran renovaciones de las capas de estuco. Posiblemente esta práctica se deba a que los enlucidos del Posclásico no fueron tratados con el bruñido característico de los soportes del Pucc, hechos también con una cal de calcita, con alto contenido de calcio. De esta manera, los técnicos del Posclásico se veían en la necesidad de renovar sus recubrimientos de cal para conservar las superficies decoradas con pintura.

En resumen, los tipos de suelo tienen influencia sobre los recursos minerales y la técnica de pintura mural. Al norte, en la placa horizontal de caliza, los suelos crásticos de caliza calcítica forman minas de *sascab* y depósitos de arcillas blancas o *sak lu 'um* usadas en la fabricación de pigmentos. En la serranía, las hoyas o *chultunes*, formadas por el mismo fenómeno de disolución de la placa de roca caliza, permiten la acumulación de tierras útiles para la agricultura de los que se obtienen pigmentos. Las rocas calizas con alto contenido de calcio forman enlucidos susceptibles a la humedad y como posible respuesta frente a este fenómeno los técnicos del Clásico bruñían el soporte de manera que fuese compacto y resistente (Tabla 2).

En las costas, particularmente en el litoral oriental, los esqueletos de

⁸⁴La aragonita es una de las formas cristalinas del carbonato de calcio presente en las conchas y caparazones de moluscos.

moluscos y conchas, formados por carbonato de calcio (aragonitas), así como la placa calcítica formada por sedimentaciones fosilíferas (compuestas por calcita y aragonita) sirvieron para la obtención de la cal. Los soportes fabricados con esta cal no eran bruñidos y en consecuencia se encuentra una serie de enlucidos superpuestos que muestran la continua manutención de los aplanados.

En las regiones del Usumacinta y el Petén, y en algunas zonas de la serranía de Campeche, y al sur de la Sierrita de Ticul, encontramos calizas dolomíticas (dolomitas), las cuales son menos solubles en agua. Consiguientemente, las placas dolomíticas soportan suelos ricos de los que se pueden obtener pigmentos terrosos. Los enlucidos hechos con cal de dolomita son menos afectados por el agua. La relativa insolubilidad de los óxidos de magnesio, característicos de la dolomita, hacen que fabricar este tipo de cal sea un proceso más difícil que el realizado para fabricar cal con calcita. La presencia de gomas vegetales en mayor cantidad en los morteros de dolomita del Usumacinta se puede asociar con esta característica de las pastas de cal dolomítica.

Es verdad entonces que *esa tierra pedregosa*, para tomar prestada una frase de las Relaciones Geográficas de Yucatán, es sólo roca caliza, pero la supervivencia de los conocimientos y prácticas mencionadas, así como la evidencia del uso selectivo de los materiales en las técnicas constructiva y pictórica antiguas, son prueba de una tradición material consolidada, que es capaz de reconocer diferentes materiales en la caprichosa estratigrafía de blancos de la placa caliza que forma la Península, extrayendo así los secretos del interior de la tierra.

3.5 Las tradiciones locales

La fabricación de pastas de cal *sascab* y gomas vegetales es una tradición compartida por todos los sitios con pintura mural en el área maya desde el Clásico Temprano hasta el Posclásico Tardío. Sin embargo, es posible establecer grupos técnicos distintos con base en ciertas características materiales:

1. Identificación mineral de la cal usada (calcita, dolomita, aragonita)
2. Las maneras de aplicar y trabajar el soporte (rugoso y poco compacto, o bien, bruñido y compacto).
3. Los minerales asociados a las cargas inertes o *sascab*.

Todas estas características se resumen en la tabla 2 y con base en ellas hemos establecido diferentes grupos técnicos que se observan también en la **Tabla 2.**

1. Identificación de los tipos de cal por medio de difracción de rayos-X

La identificación mineralógica de los materiales presentes en los soportes de muestras de pintura mural, realizada en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM por medio de difracción de rayos X (DRX)⁸⁵ proporcionó valiosa información sobre la naturaleza mineral de las cales y de las cargas usadas en los morteros.

En la tabla 2 se presentan, de manera sintética, varias de las características de los soportes de la pintura mural maya que sirven de apoyo

⁸⁵El difractómetro y condiciones de trabajo son: Siemens D 500 rad. Cu Ka, análisis a 35 KV, 30 mA. Los análisis fueron hechos por la Ing. Quim. Leticia Baños.

a los grupos técnicos. Así, la primera característica de agrupación se basa en la naturaleza de la cal empleada en cada sitio con pintura mural. En la tabla 2 se hace evidente que los aplanados de cal para la pintura mural fueron elaborados localmente con los materiales --rocas calizas, rocas dolomíticas, conchas y esqueletos de moluscos-- que se obtienen de los recursos minerales del lugar.

Todos los sitios de la región del Usumacinta, en Chiapas, cuyas pinturas se elaboraron durante el Clásico Tardío (ver tabla 1), comparten una cal hecha a partir de rocas dolomíticas, identificadas por la forma cristalina dolomita.

La región del Pucc, en Yucatán, durante el mismo período, presenta una cal rica en calcita obtenida de las rocas calizas de la región. Las excepciones como Chacmultún, que tiene una cal de calcita y dolomita, se explican por la cercanía del sitio a la serranía del sur, en donde se encuentran algunas sedimentaciones de dolomías.

Por último, es interesante constatar que todos los sitios del Posclásico en la costa oriental comparten la cal de calcita-aragonita, material que caracteriza al carbonato de calcio de las conchas y esqueletos marinos. Parece ser que la manufactura de cal a partir de aragonita es particular de esta región. Durante este período tardío, de intenso comercio a lo largo del litoral, la cal para pintar se distribuía posiblemente a través de la ruta comercial. Si atendemos a los resultados de la identificación mineral de la cal de sitios como Cobá y Xelha, los cuales conservan vestigios importantes de pinturas murales pertenecientes a épocas anteriores podemos confirmar lo antes dicho.

En Cobá, la estructura llamada El Cuartel, pintada durante el Clásico

Tardío,⁸⁶ presenta un soporte de calcita, mientras que las pinturas de la Estructura 1, pertenecientes al Posclásico, están hechas con aragonita. Lo mismo se puede decir de Xelha. La Estructura 86 ó Casa de los Pájaros, que ha sido fechada según hallazgos cerámicos y por características arquitectónicas en el Clásico Temprano,⁸⁷ presenta una cal de calcita. Las pinturas de la estructura del templo-santuario del grupo C o Casa del Jaguar, fechadas como Posclásico Tardío,⁸⁸ están hechas con cal de calcita-aragonita. Esto es, la cal de aragonita es distintiva de la pintura mural en la costa oriental durante el Posclásico, mientras que las estructuras tempranas presentan cal de rocas calizas caracterizadas por la calcita.⁸⁹

2. Formas de aplicación y textura de los soportes

La segunda característica distintiva se refiere a la manera de proceder por parte de los técnicos y artistas que se evidencia en la textura y consistencia de los soportes de cal sobre los cuales pintan. En la tabla 2, se pueden observar cuatro categorías distintas que corresponden a las maneras

⁸⁶Barrera Rubio, Alfredo, "Catálogo arqueológico-arquitectónico", en Lombardo, Sonia, La Pintura Mural de Quintana Roo. INAH, 1987, P. 106.

⁸⁷Ibidem, p.130.

⁸⁸Ibidem, p.131

⁸⁹Es importante considerar que esta característica de la cal no puede servir de fundamento para fechar las pinturas ya que la forma cristalina aragonita no es muy estable y puede, bajo ciertas circunstancias, transformarse en calcita. Podemos afirmar, sin embargo, que en nuestro muestreo y análisis, las pinturas hechas sobre un enlucido de aragonita son aquellas que evidentemente pertenecen al Posclásico. De esta manera, podemos sugerir que, en la costa oriental, los murales pintados sobre cal de aragonita son distintivos del Posclásico. Los murales tempranos no se pueden caracterizar con base a la ausencia de aragonita en la mezcla de cal, sino con base en un conjunto de factores.

de trabajar los soportes de cal.⁹⁰

A) superficie lisa, consistencia compacta y resistente: el enlucido en este caso fue alisado o bien bruñido, de manera que la superficie es homogénea. Estos soportes presentan alta resistencia mecánica.

B) superficie lisa, consistencia deleznable: el enlucido parece haber sido alisado de la misma manera que el grupo anterior, pero la consistencia del estuco es granular y presenta poca resistencia mecánica.

C) superficie irregular (con textura) consistencia compacta: en este caso, el enlucido parece haber sido aplicado con una brocha o una llana que deja claras marcas del proceso, y la textura hace parte del recurso expresivo del artista; pueden presentarse en distintas tramas: verticales, circulares, o simplemente constituir un plano irregular. Estos enlucidos presentan buena resistencia mecánica.

D) superficie irregular, consistencia deleznable: los enlucidos, como en el caso anterior parecen haber sido trabajados con una brocha dejando las huellas del movimiento del proceso de aplicación, la diferencia es que la pasta de cal presenta poca resistencia mecánica.

3. minerales asociados con la cal y el sascab.

Otra característica, que se puede observar en la tabla 2 y que apoya la división por grupos técnicos que se presenta más adelante, son algunos

⁹⁰Para realizar esta taxonomía de los enlucidos se procedió sistemáticamente realizando por una parte, observaciones in situ, y por la otra, observaciones bajo el microscopio óptico de las muestras, además de un frotamiento de la muestra mediante instrumentos punzantes. Las anotaciones se sistematizaron conformando las tres categorías que se presentan.

minerales asociados a la cal y al *sascab*. De estos minerales, los que pueden ser claves en el reconocimiento de técnicas específicas son: el sulfato de calcio (Yeso), los silicatos volcánicos (piroxenos) y los cuarzos. Las arcillas asociadas al *sascab* como muscovita, montmorillonita, boehmita, etc., no pueden apoyar la división por grupos técnicos ya que se asocian al *sascab*, presentándose en mayor o menor medida en todas las muestras.

3.6 Los grupos técnicos

Llamamos grupos técnicos a la serie de pinturas murales localizadas en sitios diferentes, que presentan características materiales y de tratamiento del soporte iguales o similares. Es decir, con base en los tres distintivos mencionados en el inciso anterior, hemos formado las siguientes agrupaciones que se pueden observar en la tabla 2 y 2a.

Grupo 1

Lo conforman los murales fabricados con rocas calizas muy puras (cal de calcita), y trabajados con enlucidos tipo A: bruñidos para formar superficies lisas de consistencia compacta y buena resistencia mecánica. Sin embargo existen ciertas diferencias entre los murales de este primer grupo. Los murales más característicos de este grupo son: Dzúlá, Estructura 1; Kabah, murales del Codz Pop; y, Uxmal, Cuadrángulo de las Monjas, Edificio 1. Las muestras al microscopio óptico y electrónico de barrido son extraordinariamente similares, tanto que es posible sugerir que estos murales fueron trabajados contemporáneamente o por el mismo grupo de artistas. Este fenómeno no se presenta de igual forma en ningún otro grupo técnico de murales. La pureza de la calcita, la repartición homogénea de las cargas que

son prácticamente inobservables, así como el bajo contenido de materia orgánica en el mortero, son características exclusivas de estos tres sitios. En la tabla 2 se consideran como Grupo 1* (se señala su particularidad con un asterisco *).

En la figura 20 es posible apreciar, a manera de ejemplo, el soporte compacto y bruñido de las pinturas de Dzúlá, Yucatán, compuesto casi exclusivamente de calcita según análisis por DRX. La fotografía al MEB fue tomada por medio de la técnica de IERD permite observar cuan compacto es el enlucido, y las huellas del bruñido en superficie. La compactación del enlucido fino se muestra como una concentración de color blanco en superficie. El mortero por debajo de esta capa delgada, es menos compacto, pero muy homogéneo. Las partículas de sascab son prácticamente inobservables. Las zonas en negro, en este caso, son depresiones y no materia orgánica ya que los análisis elementales en el MEB no muestran contenido de carbono, característico de las sustancias orgánicas.

En la tabla 2 se puede observar que en otras partes de la región norte los murales presentan soportes de calcita, no tan pura como la anterior, pero también con superficies lisas y compactas de alta resistencia mecánica características de este grupo 1. Las pinturas de Ichmac en Campeche, las pinturas de la estructura El Cuartel, en Cobá, y algunas pinturas del Templo del Chac Mool en Chichen Itzá, por ejemplo.

Probablemente el tratamiento de bruñido del grupo 1* y 1, es una respuesta técnica frente a las características de solubilidad de la cal en esta área. Recordemos lo que se ha expuesto acerca de la cal de la calcita con alto

contenido de calcio y su comportamiento frente al agua. El bruñido de la superficie por tanto, puede ser la manera en que los artistas del Pucc decidieron resolver el problema de la resistencia ante la humedad.

La figura 21 es una fotografía obtenida con el MEB de una muestra de Ichmac. Puede compararse con la figura 20. La superficie en este caso también fue bruñida; se logra observar en la parte superior de la muestra una compactación del carbonato de calcio en color blanco. El mortero en cambio, presenta distintas fases. En negro podemos apreciar áreas en donde se ha repartido un aditivo orgánico, identificado mediante CG/SM (capítulo 6) y mediante análisis en el microscopio electrónico de barrido. Las partículas de *sascab*, se presentan en color blanco; son formas muy pequeñas, semi circulares, de cantos angulosos; es posible ver que en ciertas áreas la mezcla de cal e inertes se aglomera formando zonas de mayor o menor compactación dentro de la matriz de cal. Ello puede indicar menor resistencia mecánica que los enlucidos del Grupo 1*, descritos previamente.

Las pinturas murales mayas siempre mantienen características individuales que dificultan el agrupamiento, sin embargo, los murales trabajados con cal de calcita cuya superficie ha sido alisada y que presentan pastas de estuco de buena resistencia mecánica, han sido considerados como un mismo grupo técnico (ver tabla 2).

Grupo 2.

Este grupo de murales utiliza un recurso técnico opuesto a las pinturas del Grupo 1. Los murales presentan un enlucido con la textura irregular del tipo C, en el que el proceso de aplicación es visible. Este grupo lo constituyen

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

murales cuyos soportes además de poseer una superficie irregular, presentan alta resistencia mecánica. Por lo general es muy clara la distinción entre mortero y enlucido fino, siendo este último una capa delgada, aplicada como si fuese una lechada.⁹¹ Las pinturas murales que emplean textura son: las pinturas de los tres cuartos en Bonampak; en Palenque, el interior del Palacio; en Yaxchilan, la estructura 44; en Chichen Itzá, los murales de Las Monjas cuartos 22 y 8; en el Pucc, los murales de Chacmultún y Sodzil; y por último, los murales de Xuelen y Chelemí, así como la estructura 86, llamada Los Pájaros, en Xelha. La mayor parte de los murales cuyos soportes de cal son irregulares o texturizados, están constituidos por cales hechas a partir de dolomita. Es probable entonces que este recurso técnico haya sido influenciado por las características materiales de la cal de dolomita. Es importante recordar que en el caso de la dolomita, los óxidos de magnesio son más difíciles de hidratar al momento de apagar la cal en agua. Esto por un lado, dificulta la manejabilidad del material, pero una vez que fragua, la dolomita será más resistente a la humedad que la calcita. Es decir, los enlucidos hechos con cal de dolomita, pueden ser aplicados más libremente, sin necesidad de bruñir su superficie para hacerla más resistente a la humedad. La figura 22, muestra la estratigrafía característica de las pinturas murales del grupo 2. Es de notar aquí la diferencia que hay entre el enlucido fino en la parte superior, el cual es una capa compacta de cal (en color gris claro) y pequeñas fases de sascab(en blanco)), y el mortero en la parte inferior. Este último contiene partículas grandes a manera de carga que

⁹¹Littman, E., le llama "wash coat".

parecen ser conglomerados de carbonato de calcio endurecido (cal fraguada y triturada), junto con las características fases de *sascab*, pequeñas, con cantos rectos y de color muy blanco. De otra parte, como se puede ver en la figura 22b y en el espectro correspondiente, las áreas negras en el mortero muestran a zonas con alto contenido de materia orgánica utilizada como aditivo de la cal.

Grupo 3

La característica material que distingue a este grupo de muestras es la adición propositiva de yeso (sulfato de calcio) en la mezcla de cal y *sascab*. La textura del enlucido es lisa, bruñida, pero el soporte se desintegra fácilmente por tener consistencia granular, la cual se puede deber a la mezcla con yeso. Las pinturas que presentan este tipo de soporte son: el Templo de los Jaguares y algunas pinturas del Templo del Chac Mool en Chichen Itzá; el mural "Manos Azules" del Grupo Los Pájaros en Uxmal. Una variedad diferente de este grupo lo conforman el mural de la Casa del Jaguar, Grupo C y el pórtico de acceso a este lugar, en Xelha. En este último caso, los murales contienen yeso y presentan una superficie bruñida, pero además también presentan silicatos volcánicos (piroxenos), hecho que les otorga mayor resistencia mecánica. La presencia de yeso no parece deberse a un factor de contaminación, ya que los murales con estas características se encuentran en sitios distantes en los que otras estructuras con murales no contienen yeso. La adición de yeso, el pulimiento de la superficie y, en el caso de Xelha, los silicatos volcánicos, podrían denotar que los artistas estuvieron en contacto con alguna tradición pictórica del Altiplano Central. Cabe señalar que las

pinturas de Teotihuacán se caracterizan por el bruñido de la superficie, por la presencia de yeso en algunas superficies pictóricas, y por contener silicatos volcánicos como arenas⁹².

Grupo 4. Este grupo lo conforman pinturas murales del Posclásico fabricadas con cal de calcita-aragonita, y que utilizan un enlucido con textura, el cual es poco resistente a la fricción y la humedad. Los murales de Tulum, Xelha, Rancho Ina, Tancah, Cobá, y San Gervasio, comparten esta característica. Los murales de San Angel, que no se encuentran en el litoral sino tierra adentro, presentan cal de dolomita, siendo éstos la excepción a la regla. Es interesante comentar que las cales de aragonita, con alto contenido de calcio, también son menos resistentes a la humedad; parece ser que en este período tardío se ha perdido la tradición de bruñir la superficie y compactar, en consecuencia, los recubrimientos presentan poca resistencia a la humedad. Ello puede explicar el porqué durante el Posclásico, en el litoral oriental, las pinturas murales y recubrimientos de color, presentan muchas capas sobrepuestas de enlucidos de cal. Sin embargo, aunque no podemos dejar de reconocer este hecho técnico, las sobreposiciones con cambios de color deben tener una razón de índole simbólico-cultural. De hecho se encuentran murales en los que no hay dos estratos para fabricar el soporte, los técnicos aplican una sola capa de pasta a manera de preparación antes de pintar como se aprecia en la figura 23. Por otro lado, la figura 24 permite apreciar lo rugoso de la superficie donde se aplica la pintura. Las partes que en la

⁹²Magaloni, Diana, et al. "El Espacio Pictórico Teotihuacano: Tradición y Técnica" en La Pintura Mural Prehispánica en México: Teotihuacán, Tomo II, Estudios, IIE-UNAM, en prensa.

fotografía mediante IES (figura 24) presentan un brillo blanco intenso representan porosidad. Se puede percibir cuán poco resistentes son los soportes en el Posclásico. Es importante comparar esta fotografía con la imagen de Dzúlá (figura 20) ya que en esa muestra se observa el buen trabajo de la pasta de mortero y de la compactación del enlucido fino. Ambas muestras poseen una cal con alto contenido de calcio, hecho que las hace más susceptibles al deterioro por humedad, sin embargo, en Tulum, el mal trabajo del soporte hace que estas pastas del Posclásico sean poco resistentes al deterioro. La figura 25 es una imagen al MEB con la técnica de IERD. El acercamiento sirvió para analizar los elementos químicos que constituyen las fases de sascab. Podemos apreciar en el espectro correspondiente figura 25b que se trata de partículas con contenido de magnesio, calcio y silicio. Posiblemente ello indica que el sascab de la zona se obtiene de tierra adentro en donde la placa de rocas calizas contiene magnesio y calcio.

Grupo de Excepciones: este grupo está constituido por pinturas destinadas a estar en el exterior o en algún sitio expuesto, y por lo tanto debían presentar una mayor resistencia mecánica. Las pinturas que decoran el exterior de las estructuras de Chicaná, Campeche, la pintura exterior de Palenque⁹³, y la pintura mural en "la urna" de Toniná, contienen partículas de cuarzo para producir enlucidos más resistentes. Las superficies de estos enlucidos fueron bruñidas.

⁹³Vázquez del Mercado, Ximena y Mercedes Villegas Los Estucos Modelados del Palacio y del Templo de las Inscripciones de Palenque: Una Metodología de Análisis para la Técnica de Manufactura. Tesis de restauración de Bienes Muebles, Escuela Nacional de restauración Conservación y Museografía, INAH, 1993, p. 85.

3.7 El Sascab

Según el diccionario de la lengua maya yucateca, Cordemex, *sascab* significa "tierra blanca para construir" y "tierra blanca que mezclan con cal"⁹⁴. Esta tierra blanca fue utilizada en la elaboración de morteros y enlucidos⁹⁵. Por el momento es importante considerar el término *sascab* de manera general, como cargas inertes de carbonato de calcio o de arena calcítica con alto contenido de arcillas ricas en aluminio y silicio.

Redfield y Villa⁹⁶ relatan que los habitantes de Chan Kom, un poblado de Yucatán, explotaban tres minas de arena calcítica o *sascab* localizadas a un kilómetro de distancia de su pueblo. Los hombres de Chan Kom, siguiendo la antigua tradición de construcción maya, usan esta arena en la edificación de casas de mampostería. Morris describe cómo la región en torno a Chichen Itzá en Yucatán está llena de lugares en donde las cavidades de la placa de caliza, como cuevas, cenotes secos y hendiduras, forman depósitos de arena calcítica que son explotados para extraer *sascab*.

La mayor cueva de *sascab* se encuentra entre El Castillo y el Cenote Xoltoc. En él podrían refugiarse 200 personas. En algunas partes se ha excavado hasta 6 metros de profundidad⁹⁷.

Edward Thompson relata que en zonas adyacentes a Chichen Itzá,

⁹⁴Diccionario Cordemex, p.708.

⁹⁵Hansen, Eric (comunicación personal) en su estudio sobre los morteros del pre-clásico en algunos sitios mayas encuentra que no siempre se usa *sascab* en la fabricación de estucos de este período.

⁹⁶Redfield, Robert y Alfonso VillaRojas, Op. Cit. pp.54-55.

⁹⁷Morris, Charlot, Morris, Op. Cit. p.223

encontró túneles anchos y largos de los que aparentemente se extraía *sascab* en tiempos prehispánicos⁹⁸.

Como habíamos señalado, el *sascab* es un tipo de arena formada por la descomposición de rocas calizas de origen marino en combinación con las diversas arcillas de silicio y aluminio⁹⁹. En efecto, las rocas calizas pueden descomponerse y formar depósitos arenosos en combinación con diversas arcillas. Así, los suelos de carbonato de calcio del norte de la península de Yucatán, donde el drenaje del agua hacia el subsuelo es constante, se caracterizan por tener arcillas del grupo de las kaolinitas particularmente hidratos de aluminio y silicio. Los suelos dolomíticos en el sur de la Península, donde el drenaje es menor, presentan arcillas con mayor capacidad de absorción de agua que en presencia de humedad se hinchan, coadyuvando a la retención de agua en el suelo (montmorillonita, muscovita). La montmorillonita está asociada al *sascab* de las regiones del sur y de algunas regiones en la sierrita de Ticul¹⁰⁰. Nuestros estudios de identificación mineralógica por medio de DRX, de los soportes de cal de 24 sitios del área maya identifican algunos de los minerales asociados con el *sascab* y la cal.

⁹⁸Thompson, Edward, Op. Cit. p. 182.

⁹⁹Boynton, Robert. Op. Cit. p.11. y West.R., Op. Cit. p.38 fig 4, llama *sascab* al material conocido como *Marl*.

¹⁰⁰Dunning, P. Nicholas, Lords of the Hills, Op. Cit., p. 32.

El sascab y los minerales asociados

Hemos podido identificar algunos materiales con alto contenido de silicio y aluminio que parecen estar asociados a las fases de *sascab*, (ver tabla 2) Estos materiales son: la boehmita, un hidróxido de aluminio producto de la degradación hidrotérmica de feldspatos, y las arcillas montmorillonita, halloysita y muscovita, todas ellas sílico-aluminatos de sodio o de potasio. En general, las fases que cumplen la función de ser cargas inertes son básicamente las fases de *sascab* extraídas de la región. Las cargas inertes se caracterizan por estar constituidas de un material de las mismas características minerales que la matriz de cal, es decir por carbonatos de calcio y de magnesio. Los análisis puntuales en el MEB, así como de mapeo de rayos X por medio de EDS, logran detectar que junto con los carbonatos de calcio y magnesio, las partículas de carga están asociadas a sílico-aluminatos.

La figura 26 muestra la repartición de los grupos técnicos basándose en los soportes de cal.

Capítulo 4. Reconstrucción de la técnica pictórica

4.1 Del modo de pintar

La reconstrucción de la manera de pintar, implica conocer y comprender varios procesos. En primer lugar, el cómo se fabrican las suspensiones de color para generar las cualidades plásticas que se observan en el producto terminado (densidad, textura, poder cubriente, transparencias). En segundo, el cómo se aplican los colores, y con base a qué proceso físico-químico se crean películas permanentes de color que van a poseer una cierta resistencia al deterioro.

Ahora bien, para comprender este importante proceso técnico, el cual define la naturaleza de la técnica pictórica empleada, fue necesario primero conocer la manera en la que los antiguos habitantes de la región se relacionaron con su entorno, y con base en qué lógica técnica lograron transformar sus materiales. En los capítulos anteriores hemos logrado comprender la importancia del manejo de la cal para la cultura material Mesoamericana en general y maya en particular. Así, hemos expuesto que los mayas conocían bien las propiedades alcalinas de las diferentes cales. La fabricación de tortillas, de jabones, de papel de corteza, son testimonio de cómo los mayas supieron aprovechar las cualidades alcalinas de la cal viva para ablandar las fibras de materias orgánicas. La evidencia del uso de la goma de corteza, llamada Holol, en el proceso de apagado de la cal, lo cual conlleva el aumento en la solubilidad de los óxidos de calcio y de magnesio, y la consiguiente mejora en las propiedades de fraguado de la cal, revelan que

la mentalidad científico-técnica de los habitantes de la Península de Yucatán, utiliza el mismo principio de combinar el mineral alcalino "cal" y ciertas sustancias orgánicas: en la masa de tortillas se utiliza la cal y los granos de maíz secos. Como se mencionó anteriormente, la combinación de ambos materiales hace posible fabricar el "nixtamal" para hacer tortillas. La fabricación del papel de corteza implica el uso del mismo principio: las tiras de corteza se remojan en la solución alcalina de cal viva o de ceniza (potasa), el proceso conlleva a la liberación de la goma de la entrecorteza y el ablandamiento de las fibras, hechos que permiten batir y aplanar las cortezas hasta formar pliegos delgados sobre los que se escribe o pinta.¹⁰¹ En la fabricación de jabones y polvos de olor, la cáscara de huevo se remoja en potasa o en agua de cal y con ello se ablanda para ser molida en polvo fino al que se le agrega el perfume de vainilla o de otras flores.¹⁰² Entonces, en términos generales podemos decir que la ciencia de materiales de entonces experimenta y usa la mezcla de cal y de ciertas sustancias orgánicas para transformar ambos materiales con un fin específico. Este principio también se utiliza para la fabricación de pinturas según lo muestran nuestros análisis de laboratorio.

Por una parte, la observación de pequeños fragmentos de pintura en la lupa binocular, así como el raspado de las superficies de color de estas muestras para su posterior análisis, permitió observar que las capas pictóricas tienen una superficie muy resistente con presencia de una película inorgánica

¹⁰¹En la actualidad el papel "amate" o papel de corteza se sigue fabricando de la misma manera.

¹⁰²Steggerda, Op. Cit. p. 34.

de carbonato de calcio y de magnesio.

Por otro parte, todas las capas pictóricas analizadas mediante CG/SM presentan el mismo patrón de monosacáridos, hecho que pone en evidencia el uso de una mezcla de gomas vegetales en las capas pictóricas.¹⁰³

Mostramos aquí, **figura 27**, un espectro de CG/SM de una muestra de Bonampak, Chiapas. En él, es posible observar que la capa pictórica analizada contiene los siguientes monosacáridos: (X), xilosa, (A), arabinosa, (R), rahmnosa, (F), fucosa, (Gal), galactosa, (Glu), glucosa.

La **figura 28** es una fotografía por MEB utilizando la técnica de imágenes de electrones retrodispersados (IERD) de otra muestra de Bonampak tomada de la jamba derecha en el cuarto 3. Esta fotografía es muy importante porque nos señala que la presencia de una capa cristalina de carbonato de calcio o de magnesio en las superficies de los murales puede deberse también a un proceso posterior a la técnica, es decir a lo que se denomina en Conservación, procesos de deterioro por la interacción de la obra con el medio ambiente.

La técnica usada (IERD) permite ver diferencias en composición química y peso atómico mediante las tonalidades de negro, gris y blanco. El último estrato (capa 6) contando de abajo hacia arriba, corresponde al mortero de preparación del muro, compuesto como lo sabemos, por calcita-dolomita, trozos grandes de carbonato de calcio y magnesio compactados, así como una serie de arenas calcíticas que contienen aluminio llamadas sascab. Sobre éste (capa 5), vemos una franja en color gris oscuro de textura granular, cuyo color

¹⁰³Las condiciones de trabajo y la metodología se abordan en el siguiente capítulo.

indica menor peso atómico y diferente composición química. Sobre ella (capa 4) vemos otro estrato blanco, muy compacto y homogéneo que corresponde a una capa de cal mejor trabajada, como si fuese un enlucido fino. Por encima del cual (capa 3) vemos una capa cuya superficie es dispereja y en cuyo interior hay ciertas partículas grises y una serie de puntos oscuros casi imperceptibles. Sobre esta capa de segundo enlucido de cal (capa 3), está la capa pictórica (capa 2), casi imperceptible que recorre la superficie irregular formada por el enlucido. Mediante el análisis por EDS en el microscopio, así como por "spot test" encontramos la presencia de hierro. La muestra es de color amarillo por lo que el hierro es el elemento químico que corresponde al pigmento. Sobre este estrato vemos en la superficie (capa 1) el último estrato también gris, de superficie irregular, y con textura granular. Los estratos grises (capas 5 y 1) fueron identificadas como hidromagnesita, es decir, un producto de degradación del mortero de calcita-dolomita y de las rocas dolomíticas que conforman el muro. Los estratos grises son depósitos de sales que cristalizaron en forma homogénea y compacta, son un producto del deterioro por humedad; la diferencia de color señala diferencias en composición química.

La muestra evidencia un reuso o bien repinte ejecutado en la jamba. El estrato intermedio (sandwich) de hidromagnesita, la capa 5 en color gris, muestra que el muro de la jamba se preparó con un recubrimiento de cal que fue dejado sin pintar durante una temporada de lluvias y otra de secas. Ello se puede deducir porque la capa de hidromagnesita necesita para formarse de la suficiente humedad que transpire a través del muro y posteriormente, al secar, depositarse en superficie. Los estratos posteriores (capas 4, 3 y 2)

muestran que los pintores aplicaron nuevamente un mortero delgado de cal, y un enlucido fino, como siempre lo hacen para preparar el soporte. Encima de la capa irregular del enlucido pintaron con el color amarillo (capa 2). La última capa de hidromagnesita (capa 1) muestra el depósito post-pintura, el cual se ha formado durante todos estos años.

La figura 29 es la misma muestra analizada mediante la técnica de electrones secundarios (IES). Esta técnica de IES permite ver la densidad electrónica de los materiales analizados en tonos de gris y blanco. Las partes en blanco corresponden a lugares que no tienen ninguna densidad, por lo general son huecos y hendiduras. Como se observa los estratos de hidromagnesita en este caso se presentan muy similares a la matriz de cal y a los agregados en mezcla con ella. Esto es, el producto de degradación en superficie cristalizó de tal forma que protege a la capa pictórica y se adhiere a ella de forma integral.

Este análisis además de mostrar que las jambas fueron pintadas después de haberse preparado el recubrimiento con la primera capa de enlucido, hecho que evidencia una forma de trabajar, también nos enseñan que es difícil atribuir la presencia de una capa cristalina en superficie a la técnica pictórica. Lo que muestra esta fotografía es que el proceso normal de las pinturas expuestas a condiciones de humedad tan altas, en donde por proceso de capilaridad se va acumulando una capa cristalina formada por las sales que se encontraban en el interior del muro. En este caso la costra de hidromagnesita es producto de la humedad que disuelve las partes más solubles de las rocas dolomíticas y del mortero de cal dolomítica para, al buscar un frente de evaporación, salir a la superficie y depositarse en forma

compacta y cristalina. Si el proceso de secado en lugar de ser lento como en este caso, es rápido y violento, se da lugar a una cristalización granular que se presenta en forma de "salitre" y que es mucho más destructiva.

La fotografía mediante IES (figura 29) permite observar la capa pictórica (capa 2) en color gris claro, diferente de la capa superficial de hidromagnesita (capa 1), y diferente del sustrato de soporte de cal (capa 3).

En resumen, tomando en cuenta que los artistas mayas son partícipes de una ciencia de materiales que sabe explotar los recursos en polímeros naturales que brindan el bosque y la sabana tropicales, así como los minerales de la región, principalmente la cal, ¿cómo podemos reconstruir la técnica usada para pintar sus murales? Y, ¿en qué manera su tecnología es el producto de la cultura, es decir, es intención, y en qué medida es la respuesta a exigencias del medio ambiente y limitación en recursos, es decir, es circunstancia?

A pesar de que no hemos podido establecer una identificación precisa de los materiales orgánicos que fungen como aglutinantes, conocemos varios hechos.

1. Las capas pictóricas de los murales mayas, a partir del Clásico hasta el Posclásico tardío presentan una mezcla de monosacáridos (azúcares constitutivos de las gomas vegetales) y carbonato de calcio (agua de cal) (ver capítulo 5). Las gomas vegetales están asociadas a una serie de proteínas que pueden servir para el reconocimiento de la goma como materia prima. En el capítulo 5 se exponen los análisis de laboratorio, los resultados y las limitaciones del método de identificación. Por el momento se asume que la presencia de un patrón común de azúcares en los 24 sitios estudiados es

suficiente prueba de que los artistas emplearon en sus estratos pictóricos una mezcla de polisacáridos cuyo propósito fue el aglutinar los pigmentos y mejorar la calidad de la suspensión de pintura.

2. La tecnología de fabricación de soportes de cal, sascab y goma vegetal, es importante para entender el modo de pintar. Por una parte, la goma de corteza usada para apagar la cal debió haber comenzado un proceso de hidrólisis (separación de sus monosacáridos constitutivos), a partir del momento en el que se apaga la cal viva en el agua gomosa. El contenido de azúcares en la cal, además de ayudar a una mejor solubilidad de los óxidos de calcio y de magnesio, ayudó a mantener la pasta humedecida durante un tiempo más largo. Los azúcares actúan a manera de coloides, envolviendo las partículas de cal y reteniendo humedad por ser altamente higroscópicos. Así, es posible que al momento de pintar, algunas áreas preparadas con las pastas de cal, sascab y goma, permanecieran húmedas. En este caso, estas zonas presentarían características físicas y químicas de la técnica occidental de fresco.

Los fondos de la pintura mural, y posiblemente algunos cuerpos y áreas de colores planos, pudieran tener estas características de pintura fijada mediante la carbonatación atmosférica del carbonato de calcio y de magnesio del soporte. Otras áreas como son los ornamentos personales y el vestuario, así como los textos de glifos y la línea de dibujo negra para reforzar ciertos contornos, debieron haber sido pintados una vez que el enlucido estaba seco. Si nos ceñimos a las nociones técnicas occidentales, estas zonas estarían pintadas en seco, con un temple de goma vegetal. Sin embargo, lo importante es comprender cómo se formularon las suspensiones de pigmento, es decir,

cómo se fabricó la pintura con la que se pinta, y la concepción más amplia sobre los materiales que apoya la toma de decisiones.

Mucho falta por investigar y por entender acerca de la técnica maya, pero un hecho clave es que se conocen y utilizan los recursos aditivos de la cal para fijar los pigmentos, pero no se concibe el empleo de este material sin su contraparte orgánica: las gomas. Es decir, el manejo de la cal en el mundo maya implica el uso de sustancias orgánicas a manera de aditivos. Así como para los fresquistas del Renacimiento Italiano, el buen manejo de la cal significaba el paso de una generación a otra de caleras que permanecían llenas de agua durante años. En la cultura material maya, la cal adquiere sus propiedades específicas a través de la adición de polisacáridos particulares extraídos de ciertos árboles. El conocimiento de los recursos orgánicos que aportaba la compleja vegetación formó parte fundamental de la cultura técnica.

El mundo de los técnicos mayas participó de una concepción particular sobre la naturaleza y ello influyó las estrategias en el manejo y la transformación de las materias primas. Los mayas transformaron la placa de caliza y las gomas de los árboles en el cementante de sus construcciones y en el aglutinante de sus pinturas. De igual manera que en la elaboración de las pastas de cal que conforman los soportes se utiliza el mucílago de la corteza de un árbol al que hemos llamado *holol*, en la fabricación de suspensiones de color, se emplea, muy probablemente, agua de cal en la que se disuelven ciertas gomas vegetales. Ambos procesos guardan entre sí una visión común del mundo material que responde a los retos impuestos por el medio ambiente de la región y a la cosmovisión como una forma de relacionarse con

el mundo natural.

Nuevamente, debido a que los resultados de laboratorio solamente señalan el hecho de que las capas pictóricas contienen cinco monosacáridos y con ello no podemos identificar las gomas vegetales empleadas como materia prima por los pintores mayas, es necesario abundar en el tema complementando nuestra información con la investigación histórica, lo cual se presenta a continuación.

4.2 Aglutinantes para pigmentos y aditivos para la cal: algunos datos importantes mencionados por las fuentes

Existen muy pocos documentos antiguos y trabajos etnohistóricos que hagan mención directa acerca de la manera de pintar de los pueblos prehispánicos en general, y mayas en particular. Para el propósito de nuestro trabajo, los datos reportados por Bernardino de Sahagún¹⁰⁴, Francisco Hernández¹⁰⁵, un documento anónimo de 1548, Del modo como hacían sus pinturas los indígenas de la zona maya y otras noticias¹⁰⁶, y Edward Thompson¹⁰⁷, resultan particularmente reveladores.

Los autores mencionados coinciden en afirmar que los colores para pintar se preparaban mezclando los pigmentos con diversas gomas vegetales.

¹⁰⁴Sahagún, Bernardino de, Historia de las Cosas de la Nueva España, Porrúa, 1980, Capítulo X.

¹⁰⁵Hernández, Francisco, Historia de las Plantas de la Nueva España, Tomos I y II, UNAM, 1943.

¹⁰⁶Manuscrito inédito de 1548 Del Modo Como Hacían sus Pinturas los Indios de la Zona Maya y otras Noticias. Paleografía e investigación de Mercedes Meade de Angulo. Este documento se encuentra en los Fondos Virreinales del Archivo del Centro de Estudios de Historia de México, Condumex.

¹⁰⁷Thompson, E.H. People of The Serpent, Op.. Cit, pp. 180-187.

Edward Thompson es el único que hace referencia a procedimientos específicos para pintura mural. En su libro People of the Serpent, dedica un capítulo a las técnicas de manufactura en general. Sus observaciones son múltiples y valiosas. Así, por ejemplo, describe que en la preparación del color blanco y de los tonos cafés y rojos, los pigmentos minerales se mezclaban con los mucílagos de la corteza de árboles como "*chichebe, chucum, habeen*"¹⁰⁸ (ver tabla 3). Por otra parte hace referencia a una técnica de temple de huevo usando la clara de los huevos de faisán salvaje para preparar el color azul:

En la mayoría de las pinturas delicadas, cuando se utilizan los pinceles de pelo fino o de plumas de algunas aves, la clara de los huevos de faisán se usaba como medio para los pigmentos...¹⁰⁹

Es importante mencionar aquí que en las Relaciones Geográficas del siglo XVI para Yucatán, Guatemala y Oaxaca, se hace mención constante a las "gallinas de esta tierra" (guajolotes) y dos tipos de faisán, como fuentes de alimento¹¹⁰. Por otro lado, en Sahagún, se menciona que en el mercado de Tlatelolco hay un "vendedor de huevos":

El que trata en huevos suele criar gallinas, que ponen huevos; vende también los huevos de pato y de codornices, buenos y recientes, y de ellos unas veces hace tortillas y otras veces algún

¹⁰⁸Ibidem, pp.184-185.

¹⁰⁹Ibidem, p.186 (la traducción es nuestra).

¹¹⁰Relaciones Geográficas del Siglo XVI: Guatemala, Tomo 1, René, Acuña (editor), UNAM-IIA, México, 1982.

guisado de cazuela¹¹¹

El uso de huevos de ave no era extraño en el mundo prehispánico, y por lo tanto, no debe extrañarnos que los pintores hayan reconocido la capacidad aglutinante de la albúmina.

Otra información de utilidad, que además coincide con las observaciones realizadas por nosotros en el Templo de los Jaguares de Chichen Itzá, es la mención del empleo de ciertos lápices o crayones que sirvieron a los pintores para trazar el dibujo preparatorio.

Estos eran fabricados a partir de astillas duras de madera de *chacte* que eran sumergidas en tinta roja del mismo árbol para dibujar; el efecto es parecido al de una pluma de tinta china¹¹².

Hernández y Sahagún se refieren a las técnicas de iluminación de libros prehispánicos en el Altiplano Central. Sin embargo, su información es importante ya que refiere una manera prehispánica de manejar los materiales que pudo haber sido compartida por los mayas. Ambos autores concuerdan en informar que los colores se preparaban al mezclar los pigmentos con la goma de orquídea, llamada en Náhuatl *Tzahutli*. Esta goma, dice Sahagún, de la cual se prepara el gluten o pegamento para pintar, se vendía en el mercado como un polvo¹¹³. Hernández nos proporciona la siguiente descripción.

La raíz es fría, húmeda y glutinosa, se prepara con ella un gluten excelente y muy tenaz que usan los indios y principalmente los pintores, para adherir más firmemente los

¹¹¹Sahagún, Bernardino de, Op. Cit. p. 572.

¹¹²Ibídem, p.187.

¹¹³Sahagún, Bernardino de, Op. Cit. pp. 553 y 573..

colores¹¹⁴.

Por su parte, tanto el obispo Landa, como el documento anónimo de 1548 del área maya, no mencionan la palabra "orquídea" o el nombre Náhuatl del pegamento, pero la descripción de la planta de la cual se fabrica el aglutinante para pintar, nos remite a la forma de los pseudo-bulbos de la orquídea, por lo que suponemos que se trata de esta planta:

También crían, en algunos árboles, sin ser de su cosecha, un cierto género de yerbas, las cuáles echan unas frutas como pequeños cochombros, de las cuáles hacen sus gomas o colas con las que pegan lo que ha menester¹¹⁵.

El polvo o engrudo se prepara, según Sahagún, de la siguiente manera: se cortan los pseudo-bulbos, se secan al sol y luego se muelen para producir un polvo fino. Las pinturas se preparan al diluir este polvo en agua y suspender los pigmentos en la solución. Es posible imaginar la consistencia y color del polvo de orquídea gracias a la descripción del vendedor de engrudo en el mercado de Tlatelolco hecha por Sahagún. En la descripción, Sahagún advierte que el mal vendedor puede engañar al cliente falsificando el pegamento de orquídea con cañas de maíz molidas a las que se les añade polvo de frijol.¹¹⁶ Es decir, la consistencia y el color del pegamento serían

¹¹⁴Hernández, Francisco, Historia de las Plantas de la Nueva España, Tomo II, UNAM, 1943, p.377-378.

¹¹⁵Landa, Fray Diego de, Op. Cit. p. 140. El subrayado es nuestro. Queremos señalar el hecho de que Landa reconoce que las orquídeas crecen sobre los troncos "no son de su cosecha", es decir son epífitas. Y la descripción "como cochombros" es decir, en forma de pepino, como lo son los pseudo-bulbos de las orquídeas.

¹¹⁶Sahagún, Op. Cit. p.573.

similares a la mezcla adulterada de polvo de caña de maíz y harina de frijol. Este polvo al ser disuelto en agua, formaría un "engrudo" blanquecino y viscoso, similar al pegamento original hecho con los pseudo-bulbos de orquídea.

El documento anónimo de 1548, De Como Hacían sus Pinturas los Indígenas de la Zona Maya,¹¹⁷ da otra versión del procedimiento de fabricación del pegamento al comentar que los pseudo-bulbos (el documento les llama "legumbre"), deben de ser hervidos durante un tiempo y luego secados al sol por días. Una vez secos eran molidos hasta obtener un polvo fino. El documento agrega que el pegamento en polvo se mezclaba en caliente con miel y cera de abeja, y con una resina de "ansol" extraída del árbol con el que "aluzan", es decir, que usan para hacer fuego y alumbrar. Esta resina podría ser la goma-resina de *Chakah*¹¹⁸, ya que su madera resinosa era usada por los mayas para prender fuego, como hemos dicho anteriormente.

A pesar de que la descripción de ambos documentos se refieren a la preparación del aglutinante para pintar sobre papel de corteza, la posibilidad de que haya sido empleado también como aglutinante en pintura mural no puede ser descartada. Las pinturas murales en Egipto por ejemplo, fueron realizadas usando goma arábica para aglutinar los pigmentos, y esta misma goma se empleaba para iluminar libros en la Edad Media y Renacimiento Europeos. Por otro lado, los análisis de laboratorio efectuados por nosotros,

¹¹⁷Manuscrito inédito 1548, paleografía y transcripción de Meade de Angulo Mercedes, Op. Cit.

¹¹⁸Steggerda, Morris, Op. Cit. p.22. Reporta algo que puede reforzar el argumento: "Rodrigo Dzib y Gregorio Bolio pueden prender fuego sin usar cerillos. Usan la madera del chacea que frotan rápidamente en una pequeña depresión hasta que prende".

indican la presencia de una goma vegetal, hecho que apoya esta posibilidad.

Es importante aclarar que en el caso de la preparación del aglutinante maya, la palabra orquídea no es empleada ni por Landa, ni en el documento anónimo de la zona maya de 1548. Hemos inferido que los autores se refieren a un tipo de orquídea por la manera en la que se describe la planta. Martínez Cortés¹¹⁹, en su excelente trabajo Pegamentos, Gomas y Resinas en el México Prehispánico, ratifica nuestra interpretación al opinar que Landa, en su descripción de la preparación del pegamento, probablemente se refiere a las orquídeas porque hace la descripción de "una planta parásita¹²⁰ con formaciones de 'cochombro' ", es decir similares al pepino, y así son los pseudo-bulbos de las orquídeas.

Martínez Cortés proporciona una lista de 12 tipos de orquídeas conocidas en el Altiplano Central en tiempos prehispánicos, de las cuales se obtenía pegamento. Algunas de estas orquídeas se encuentran también en el área maya. Maximino Martínez¹²¹ y el Diccionario Cordemex permitieron encontrar algunos equivalentes de los nombres de estas orquídeas en Maya yucateco y Español. La distribución de estas especies en la península y sus características fueron confirmadas por la bióloga Aída Téllez del Jardín Botánico de la UNAM. De esta manera hemos construido una lista de las posibles orquídeas empleadas en la extracción de aglutinante en el área maya:

1. *Encyclia cocheleata* "am", "flor de concha", "pulpito" (Yucatán,

¹¹⁹Martínez-Cortés, Fernando, Pegamentos, Gomas y Resinas en el México Prehispánico, Resistol, México, 1970, p.36.

¹²⁰NOTA: las orquídeas no son plantas parásitas sino epífitas, crecen sobre los troncos de los árboles pero no se alimentan de ellos. Bióloga Aída Téllez, comunicación personal.

¹²¹Martínez, Maximino, Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas, FCE, México, 1987.

- Campeche, Quintana Roo).
2. *Encyclia adenocaula*, "flor de Candelaria", "flor de San Sebastián" (Chiapas).
 3. *Encyclia nematocaulon*, "Yeel-kuuk" (Yucatán, Campeche, Quintana Roo).
 4. *Ryncholaelia dygvianna*, "Nunup'he" (Yucatán, Campeche, Quintana Roo).
 5. *Schomburgkia superbiens*, "Sak'ukum-lol", Flor de Candelaria (Chiapas)
 6. *Gongora maculata*, y *G. quinvenervis*, Toritos, Pulpitos (Chiapas)
 7. *Cattleya aurantiaca*, y *C. skinneri*, "Chi'it-kuuk", "monjes", "chinela" (Yucatán, Chiapas)
 8. *Bletia purpurea* y *B. campanulata*, "Tzacuhtli" (Chiapas, Yucatán, Quintana Roo).

Por su parte el diccionario de maya Cordemex provee interesante información complementaria. Las terminaciones, *kuuk* y *kuk*, en maya yucateco describen la forma redondeada de "codo", es decir de pseudo-bulbo.¹²² Por ejemplo, *kuk ut*, describe el tubérculo de las liláceas. Es posible notar en la lista que se proporciona arriba que muchos nombres de orquídeas tienen la terminación *-kuuk*. Otro significado que se asocia a *kuk* es otra característica significativa: *kuk til'an* significa "resina o jugo de árbol poco espesa pero pegajosa"¹²³. Ello describe con exactitud el aglutinante de los pseudo-bulbos de las orquídeas cuando se cortan por mitad. Los mayas diferenciaban bien este líquido poco espeso de adentro de los pseudo-bulbos (*kuk*), de las gomas exudadas por algunos árboles que cristalizan y forman un sólido. A estas últimas se les llama *its* y quiere decir "leche o lágrimas de

¹²² Diccionario Cordemex, p. 346

¹²³ Diccionario Cordemex, p. 348.

goma que se cuaja", por ejemplo, *Its-chakah*, es goma cuajada de *chakah*.¹²⁴ Los llamados en maya *pom* o almáciga aromática como los copales se caracterizan por los exudados que cristalizan denominados *its*. Los mayas reconocen un tercer tipo de exudado vegetal al que llaman *sats*, y describe la goma elástica del hule y el caucho. El cuarto tipo de goma es la anteriormente mencionada *holol*, o "corteza glutinosa", que es descrita como una sustancia untuosa y resbalosa (ver capítulo 2 sobre la fabricación de morteros).

Esto es, las evidencias etnohistóricas y de la lengua maya yucateca, indican que los pintores conocían sustancias aglutinantes con las que templar sus colores y sabían diferenciar cuatro tipos de polímeros naturales obtenidos del bosque tropical: *kuk*, (pegamento líquido y pegajoso) *its*, (exudado que cristaliza en los árboles), *sats* (hule, leche blanca que al secar endurece) y *holol* (la sabia de la corteza de ciertos árboles que es resbalosa como la lejía).

La descripción de Sahagún y Hernández del *Tzahutli* (goma de orquídea), coincide con la información de Landa y del documento anónimo de 1548 de la zona maya. Los pseudo-bulbos de ciertas orquídeas eran recolectados y procesados para producir un polvo que al ser disuelto en agua tenía grandes propiedades aglutinantes. La ventaja de este aglutinante en polvo es que podía ser almacenado y transportado con facilidad. Posiblemente este fue uno de los materiales usados por los mayas para pintar. La mención de E. Thompson acerca de la albúmina para templar algunos colores no debe quedar descartada, el empleo de huevos en la cocina prehispánica muestra que este material y sus características eran bien

¹²⁴Diccionario Cordemex, p. 271.

conocidas.

4.4 Los materiales del bosque tropical

Así como las tierras de la Península impusieron restricciones en minerales, los bosques y sabanas tropicales ofrecieron a sus antiguos habitantes una inmensa cantidad de recursos vegetales. La información sobre los recursos forestales y vegetales de la región es muy abundante. La brevísima descripción de Landa muestra esta compleja y rica realidad:

Cosa es de mucho alabar a Dios por la muchedumbre de árboles que en esta tierra su Majestad crió, todos tan desemejantes de los nuestros y todos tienen sus servicios y provechos para los indios¹²⁵.

Algunos trabajos especializados han consignado descripciones de la flora y la fauna, así como los nombres de los árboles y plantas utilizadas en tiempos prehispánicos.¹²⁶ La tabla 3 sintetiza la información obtenida mediante la lectura de fuentes originales y secundarias. Las sustancias que hemos tomado en cuenta para la selección son todas gomas, es decir, polisacáridos vegetales, ya que son los materiales identificados por nosotros mediante CG/SM en muestras de pintura mural, y por ser evidente a través de la lectura de documentos originales, que los habitantes mayas conocían muy bien estos polímeros naturales.

Hemos procurado recolectar estas sustancias y efectuar con ellas diversos análisis y pruebas, de manera que podamos ir construyendo un

¹²⁵Landa, Fray Diego de, Op. Cit., p.240.

¹²⁶Roys, Ralph, Steegerda, Morris, Op. Cit.

banco de datos que sirva a futuras investigaciones sobre el tema. Los espectros por CG/SM de algunas de estas sustancias, consideradas como las mejores para pintar, se presentan en el apartado de análisis de sustancias orgánicas (Capítulo 6 y anexo 3).

4.5 Las ventajas de la técnica maya

Los materiales que hemos recolectado con base en las fuentes, son en su mayor parte gomas (polisacáridos) difíciles de disolver en agua pura. La goma de orquídea, por ejemplo, se disuelve con dificultad en agua caliente; así como la goma de chakah, jobo (ciruelo), cedro, y jonote (ver tabla 3). Estos materiales necesitan de una solución de agua de cal, que por su alcalinidad ayuda a estos polisacáridos complejos a solvatare.

Nuestros experimentos de fabricación de pequeñas pinturas murales con las gomas recolectadas muestran que al diluir las gomas en el agua de cal se transforma en una solución viscosa. Si en esta solución se agregan los pigmentos en polvo se crea una pintura cremosa, fácil de ser extendida sobre la superficie del soporte, y con posibilidades de ser aplicada en brochazos densos con alto poder cubriente, o bien, diluida agregando un poco de agua. Es decir, las gomas y la cal forman un medio eficaz para crear las distintas cualidades en la capa pictórica observadas por nosotros en los murales (capítulo 1). El medio acepta una cantidad de pigmento en polvo con lo que se procuran capas de color con alto poder cubriente, a la vez que puede adelgazarse en agua hasta producir tonos acuareleados. Al secar, la pintura presenta resistencia mecánica y buen comportamiento ante la humedad.

El aglutinante con agua de cal y gomas vegetales se basa en el mismo

principio de manejo de los materiales que la fabricación de morteros y enlucidos de cal, es muy probable que el agregar gomas vegetales a la cal tuviera como propósito lograr mejorar las propiedades del material frente a las condiciones de altas temperaturas y humedad del medio, así como el formular una mezcla de pinturas fáciles de aplicar que permitieran las posibilidades expresivas deseadas por los artistas.

El empleo de las gomas vegetales en el arte se conoce desde tiempos remotos y no es exclusivo de las pinturas murales mayas. El comercio con gomas vegetales desde los puertos del norte de África hacia Europa se remonta al primer siglo de nuestra era. Las culturas de la India, Turquía y Persia, han empleado los exudados obtenidos de árboles diversos para el arte de la pintura en miniatura. En la India se ha empleado la goma de la familia de las *Acacias* que es muy solubles en agua (goma arábiga) y la goma de *Anogeissus*, como medio de tintes y para pintar sobre papel. La goma de la *Lancea grandis* se utilizó como aglutinante del soporte blanco. En Persia se empleó la goma de *Astragalus gummifer*, o goma de tragacanto en la pintura sobre papel.¹²⁷ En la parte central de Asia, Bristein¹²⁸ reporta el uso de la goma del género *Prunus*, conocida también como goma de cerezo (cherry gum) en la pintura mural de cuatro sitios que tienen un espectro temporal de 2000 años. Esta goma de cerezo, comenta Twilley¹²⁹, es parcialmente soluble en agua. Es importante notar el hecho de que la goma de *Prunus* usada en pintura mural de Asia central presenta características de poca solubilidad

¹²⁷Ibidem, p. 358.

¹²⁸Bristein, J.V. Studies in Conservation, 1975, vol. 20. p.8.

¹²⁹Twilley, J. Op Cit. p.368

similares a algunas gomas recolectadas en el bosque tropical de la península de Yucatán las cuales son también parcialmente solubles en agua. Posiblemente los artistas de Asia central utilizaron esta goma parcialmente insoluble en agua, por el mismo fenómeno de incremento en la viscosidad de la solución al agregar la goma en la solución alcalina de agua de cal.

Si atendemos a todo lo anteriormente expuesto, podemos aceptar la explicación de que los pintores mayas conocieron cómo se comportaban las gomas de los diversos árboles y plantas del bosque tropical en el que habitaban, y que al disolverlas en agua de cal, mejoraban las propiedades de ambos materiales. Su técnica pictórica se basa en este conocimiento. Los artistas mayas formularon un aglutinante de los pigmentos con la viscosidad necesaria para ser utilizado tanto en brochazos densos como en transparencias finas, a la vez que el material, al secar, tenía buena resistencia a la humedad.

A continuación presentamos los análisis de laboratorio realizados a muestras de los 24 sitios con pintura mural, así como a las gomas que hemos recolectado.

Capítulo 6

Análisis de materias orgánicas por medio de CG/SM y HPLC de muestras de pintura mural en el área maya

Para la identificación de las sustancias orgánicas contenidas en las capas pictóricas y en las pastas de cal se efectuaron análisis mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas (CG/SM) y de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC). Los estudios fueron realizados en el Laboratorio de Análisis del Museo de Bellas Artes de Boston, gracias a la colaboración establecida con esta institución desde 1992 a través de Richard Newman. Exponemos a continuación los datos más significativos de la metodología y los resultados obtenidos.

Metodología y alcances de los procedimientos

Se procedió a raspar, bajo la lupa binocular, fragmentos de pintura, separando en la medida de lo posible, la capa de pigmentos del soporte de cal.

Análisis mediante espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FT-IR) sirvieron para identificar el tipo de materia orgánica contenida en las muestras de pintura mural maya. Así fue posible determinar que las pinturas mayas contenían algún polisacárido (goma vegetal) en su estratigrafía.

Los análisis por CG/SM se utilizaron para identificar las unidades estructurales de la goma vegetal, es decir, los monosacáridos.

Efectuamos pruebas de reacción específica sobre las secciones

microscópicas y observamos que en su mayor parte, los estratos del soporte, reaccionaban positivamente a la tinción con Fuschina S al 1 % en agua destilada. Este reactivo se utiliza para evidenciar las proteínas en la estratigrafía. Obtuvimos los siguientes tipos de reacción.

1. La primera, que llamamos "W", la tinción positiva se localizaba en el mortero.

2. la segunda reacción que llamamos "X", la tinción era positiva en ambos estratos de soporte: mortero y enlucido, por lo general la reacción se presenta en manchones y no se comporta como un estrato parejo como es el caso de la primera reacción.

3. La tercera reacción que llamamos "Y" fue positiva inclusive en la capa pictórica y se presenta continua.

4. la cuarta posibilidad es "Z" una reacción casi inexistente. La fuschina tiñe puntualmente el mortero.

Lo importante de este procedimiento fue poner en evidencia que los monosacáridos estaban asociados a proteínas. Se llevaron a cabo una serie de estudios en el Laboratoire de Conservation de la Pierre, gracias a la colaboración del Ing. Renato Pancella y la cromatografista Ivonne Fruh, sobre las proteínas encontradas en los estratos pictóricos. Al final se concluyó que el patrón proteico no era atribuible a ningún tipo de medio aglutinante o aditivo de naturaleza proteica. Se utilizaron como materiales de referencia la cola animal, el huevo (yema y clara), la gelatina, la caseína.¹³⁰

¹³⁰El reporte de este estudio se encuentra en el Instituto de Investigaciones Estéticas como producto de investigación del Proyecto la Pintura Mural Prehispanica en México.

Sin embargo, la presencia de proteínas era cierta y las tinciones con Fuschina revelan su localización.

Se procedió entonces a estudiar y cuantificar los aminoácidos presentes en todos los estratos pictóricos mediante HPLC¹³¹. Se concluyó que las proteínas estaban asociadas a los polisacáridos, ya que estos, como toda materia orgánica poseen proteínas asociadas a su funcionamiento. Las proteínas en las plantas son formadas por el proceso fotosintético. Los carbohidratos (polisacáridos y celulosa) constituyen el medio en donde se acumula el alimento que sostiene a los seres vivos, y parte de este alimento se constituye por proteínas. Por esta razón hemos complementado el análisis de polisacáridos con el de las proteínas asociadas.

Lo que las reacciones específicas con Fuschina mostraron, es que la estructura misma de los polisacáridos había experimentado un proceso de hidrólisis, en consecuencia las proteínas contenidas en el polisacárido fueron liberadas. Este proceso de hidrólisis de los polisacáridos contenidos en la cal, se debe a la técnica misma de preparación de la mezcla de cal. El aumento de temperatura que causa este proceso (300°C) debió haber hidrolizado la goma liberando no sólo monosacáridos sino proteínas. Si esta agua de cal se utiliza posteriormente para diluir otra goma vegetal, como la goma de orquídea, de ciruelo, o de cerdo, encontraremos el mismo tipo de proteínas en ambos estratos (el soporte y la capa pictórica).

Los métodos de CG/SM para la identificación de los monosacáridos, y de HPLC para el estudio de las proteínas asociadas a los monosacáridos son

¹³¹Estos análisis fueron realizados por el Dr. Richard Newman, del Analytical laboratory, Museum of fine Arts, Boston.

FALTA PAGINA

No. 110

pictórica maya.

6.1 Resultados de laboratorio

Identificación de los monosacáridos en muestras de pintura mural por CG/SM

Las raspaduras de pigmento y de estuco, fueron hidrolizadas en *ca.* 0.3ml de 2N ácido trifluoroacético a 105°C por 2.5 horas. Las muestras hidrolizadas fueron tratadas para obtener derivados de oximas de trimetilsilil¹³². Los análisis se llevaron a cabo en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 equipado con espectrómetro de masas con detector selectivo de iones HP 597.

El programa de monitoreo selectivo de iones se programó para identificar los derivados principales de siete monosacáridos representativos en las gomas vegetales: arabinosa, xilosa, rhamnosa, fucosa, manosa, glucosa y galactosa.

Los procedimientos analíticos no resuelven totalmente la separación de la arabinosa y la xilosa, ni tampoco de la manosa y la galactosa.

Los factores de respuesta de cada monosacárido son aproximadamente iguales, por lo que los cromatogramas dan idea de la cantidad relativa de monosacáridos presentes en una mezcla. En el estado actual de la investigación no hemos procedido aún a cuantificar los resultados.

Los monosacáridos identificados para las muestras de pintura mural son los siguientes: xilosa (X), arabinosa (A), rhamnosa (R), fucosa (F), galactosa

¹³²El procedimiento es como sigue: 30µl de una solución de hidroxilamina hidrociorídrica en piridina (8.3mg/ml) fueron añadidos a las muestras secas y calentadas a 75°C durante 1.5 horas y posteriormente se dejaron enfriar a temperatura ambiente por 30 min, agitándolas ocasionalmente.

(Ga), manosa (M), y glucosa (Gl). En seguida se presentan algunos ejemplos de espectros por CG/SM representativos de los resultados obtenidos. En el anexo se presentan todos los espectros realizados hasta el momento, tomada de Dzulá Yucatán. La figura 30, corresponde al espectro por CG/SM de un raspado de pintura verde tomado de Ichmac, Campeche. La figura 31, es un espectro por CG/SM de un raspado de capa pictórica roja. La figura 32, es el espectro por CG/SM de pintura roja de Palenque, Chiapas, la figura 33 corresponde al espectro de una muestra azul maya de Xuelen, Campeche, y la figura 34 es una muestra verde del Templo de los Jaguares, Chichen Itzá, Yucatán.

Como es posible observar en los espectros por CG/SM las muestras comparten la misma combinación de monosacáridos. El patrón de respuesta es:

1. arabinosa, xilosa, galactosa, y glucosa, se presentan en todas las 21 muestras analizadas, en cantidades relativas altas. (NOTA: la galactosa puede estar escondiendo manosa).

2. rhamnosa y fucosa, son menos consistentes y se encuentran en proporciones relativas menores.

En las tablas 4 y 5 se presentan de manera sintetizada, los resultados de los análisis por CG/SM tanto de las muestras de pintura mural, como de algunas materias primas de referencia. La cantidad relativa de monosacáridos en cada muestra de pintura mural se expresa mediante el signo de "*", uno sólo implica mínima cantidad(*), dos (**) relativamente alta, tres signos (***) la cantidad máxima.

Si comparamos los resultados de las muestras en la tabla 4 notamos en primer lugar, que de las 21 muestras analizadas bajo las mismas condiciones, la glucosa está siempre presente (21/21), y en una cantidad relativa alta: de los 21 respuestas positivas, 17 resultados presentan la máxima cantidad expresada con los signos (***) , es decir 21/17(***) . Es importante anotar que la glucosa es un monosacárido poco común en las gomas de plantas o de los polisacáridos de exudados vegetales,¹³³ por lo que su presencia debe ser considerada como diagnóstica de una goma particular.

En segundo lugar, se observa que tanto la arabinosa como la galactosa, se encuentra también en todas las muestras (21/21) aunque en cantidades relativas variables.

La xilosa está presente en 20 de 21 muestras por lo que también se considera importante.

La rahnmosa y la fucosa son menos constantes, se presentan en una relación de 21/17 positivas y 21/15 positivas respectivamente.

En suma, el patrón de respuesta está dominado por la glucosa, la galactosa, la arabinosa (21/21) y, la xilosa (21/20); en menor proporción la rhamnosa (21/17) y la fucosa (21/15). Esta combinación de 6 monosacáridos no existe de forma natural en ninguna goma vegetal, lo que implica que el aglutinante contenido en los estratos de pintura mural maya sea una mezcla de dos o más materiales que contengan monosacáridos o hidratos de carbono en su estructura.

La **tabla 4** resume los resultados de el análisis por CG/SM de 21

¹³³Twilley, J. Op Cit. p.368.

muestras analizadas, mostrando el contenido relativo de monosacáridos en cada muestra.

La tabla 5 complementa la información porque presenta los monosacáridos encontrados en los estándares que recolectamos. Al comparar ambas tablas es posible proponer ciertas posibilidades, como se hace en la tabla 6 posteriormente.

Como se puede observar al comparar las tablas 3 y 4, ningún material de referencia recolectado hasta la fecha coincide exactamente con el patrón de las muestras de pintura mural. Sin embargo se pudiera especular y efectuar ciertas combinaciones.

Importante es notar que tanto la goma de la corteza de Jonote, como la goma de orquídea, contienen glucosa, material diagnóstico de las muestras de pintura por ser difícil de encontrar en las gomas vegetales. Ello podría implicar que alguno de estos materiales, tal vez ambos, fue utilizado como aglutinante, junto con otras gomas.

De entre los materiales mencionados en la tabla 3, aquellos que por su mención en las fuentes y su contenido de glucosa pudieran formar parte de la materia prima usada para la fabricación de morteros y de pinturas son:

1. Para la fabricación de la cal, la sabia de corteza de los árboles denominados *hololes* en maya yucateco, corcho, en Chiapas, jonote, en Veracruz. Árboles afines son el llamado jonote de verano y jonotillo en diversas partes de la República y Guatemala. Estos árboles poseen una corteza que se desprende en tiras; en la parte interior de la corteza depositada en los xilemas, hay una sustancia gomosa en abundancia. Estos árboles se clasifican de la siguiente manera:

| Familia | Género | Especie |
|------------------|--------------------|-------------------|
| <i>Tiliaceae</i> | <i>Belotia</i> | <i>capbelli</i> |
| | <i>Belotia</i> | <i>mexicana</i> |
| | <i>Helicarpus</i> | <i>tomentosus</i> |
| | <i>Heliocarpus</i> | <i>spp.</i> |

2. En cuanto a la capa pictórica, es probable que se hayan mezclado dos o más gomas vegetales ya que la mezcla de monosacáridos presente no corresponde a ninguna especie analizada por nosotros. Es importante, para la posible identificación de una goma vegetal de la región, tomar en cuenta el alto contenido de glucosa en las muestras de pintura mural señalado en la tabla 4 con (* * *). Como se había mencionado, la glucosa es un monosacárido que raramente se encuentra en las gomas vegetales.¹³⁴

Los espectros por CG/SM apoyan la hipótesis de que el medio aglutinante se fabricó con goma de orquídea, ya que esta goma tiene un contenido significativo de glucosa. De igual manera, la goma de jobo, jocote o *ciruelo de esta tierra* como lo llaman las fuentes, contiene glucosa.

Sin embargo, es evidente por la combinación de monosacáridos presente en las muestras de pintura mural, que el aglutinante se formulaba al mezclar más de una goma.

Podemos proponer, con base en la información obtenida en las fuentes conjuntamente con los análisis por CG/SM, que el aglutinante de la capa pictórica se realizó mezclando la goma de orquídea en el agua de cal que

¹³⁴Twilley, J. "The Analysis of Exudate Plant Gums in Their Artistic Applications: an Interim Report" en Archaeological Chemistry III, Advances in Chemistry Series 205, 1984, pp. 357-394

contiene Holol. De esta forma se entiende el muy alto contenido de glucosa en las muestras de pintura mural, ya que tanto el *Holol*, como la orquídea contienen glucosa. Si mezclamos ambas gomas tenemos un patrón bastante cercano al obtenido para la pintura mural. El monosacárido que en ambas gomas está faltando es la arabinosa. este azúcar es muy común en los exudados vegetales. Si se observa la tabla 5, tanto la goma de jocote chiapaneco, como la de ciruelo morelense (ambos de la familia *anacardeaceae*) contienen arabinosa en alta proporción. Estos árboles son árboles mencionados por las fuentes como los "ciruelos de esta tierra", exudan goma en la forma cristalizada "Its" en buenas cantidades. La clasificación de los ciruelos es como sigue:

| Familia | Género | especie |
|-------------------------|----------------|---------------|
| 1. <i>Anacardeaceae</i> | <i>Spondia</i> | <i>spp.</i> |
| | <i>Finca</i> | <i>prusia</i> |

Otra posibilidad es la goma de cedro, aún usada en el Petén para pintar.¹³⁵

| | | |
|---------------------|----------------|-------------|
| 2. <i>Meliaceae</i> | <i>Cedrela</i> | <i>spp.</i> |
| | <i>Guarea</i> | <i>spp.</i> |

Posiblemente el aglutinante de la capa pictórica se fabricó al diluir la goma de orquídea en el agua de cal con Holol, agua que había sido usada para fabricar la pasta de cal. A esta mezcla se le añadió probablemente otra goma. Las posibilidades, hasta el momento son: goma de ciruelo o goma de cedro. A continuación se presenta una tabla en la que es posible añadir los monosacáridos de las gomas mencionadas obtenidas por medio de CG/SM, y

¹³⁵La Dra. Sonia Lombardo me hizo el favor de recolectar gomas en el Petén. El guía que la ayudó mencionó que la goma de cedro se usaba para pintar.

compararlo con el patrón de la pintura mural.

| | xilosa | arabinosa | rahinnosa | fucosa | galcatosa | glucosa |
|----------------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|---------|
| holol | *** | | *** | * | ** | * |
| orquídea | | | | | *** | ** |
| holol+orquídea | *** | | *** | * | *** | *** |
| Posibilidades: | | | | | | |
| 1. ciruelo | | *** | ** | | *** | ** |
| 2. cedro | | *** | *** | * | *** | |
| 3. Jobo | | *** | * | ** | *** | |
| Pintura Mural | *** | *** | ** | * | *** | *** |

Tabla 6. Posibles Aglutinantes Orgánicos Usados en la Pintura Mural Maya

Para la pintura mural, el patrón de respuesta, basado en la tabla 4, está dominado por la glucosa, la galactosa, la arabinosa (21/21) y, la xilosa (21/20); en menor proporción la rhamnosa (21/17) y la fucosa (21/15).

Identificación de aminoácidos en muestras de pintura mural por HPLC.

Análisis mediante reacciones de tinción con Fuschina ácida sobre cortes transversales de pintura mural, pusieron en evidencia proteínas en los estratos pictóricos. Las proteínas (aminoácidos) pudieran provenir de un material aglutinante proteico (huevo y cola animal), o bien, pueden simplemente ser trazas de aminoácidos asociados a los polisacáridos, que, como todos los materiales orgánicos, contienen proteínas en su estructura.

Para el análisis de identificación de los aminoácidos por HPLC, las raspaduras de fragmentos fueron colocadas en viales de vidrio de borosilicato purificados con temperatura (500°C/12 hrs.). Las muestras fueron hidrolizadas a 105°C/20 horas, en una estación de trabajo Waters PicoTag.

Posteriormente fueron derivatizadas como aminoácidos de fenil-isocarbamil¹³⁶. Los análisis se realizaron usando un cromatógrafo de líquidos de alta resolución marca Waters.

El procedimiento detecta y cuantifica 17 aminoácidos que fueron utilizados como estándares internos (Pierce Chemical Co. Amino Acid Standard H). Después de ser derivatizadas y secadas las muestras de pintura se disolvieron en un 30µl de disolvente Pico Tag; aproximadamente 10µl fueron inyectados.

Todas las muestras estudiadas contienen aminoácidos en sus capas pictóricas en suficiente cantidad como para ser cuantificados. Los 10 aminoácidos encontrados conforman un patrón compartido por los sitios mayas analizados, y son los siguientes: 1.serina (Ser), 2.glycina (Gly), 3.arginina (Arg), 4.threonina (Thr), 5.alanina (Aln), 6.prolina (Pro), 7.tirosina (Tyr), 8.valina (Val), 9.isoleucina (Ile), y 10.leucina (Leu).

La figura 35 es un espectro por HPLC de una muestra de pintura roja de Palenque. La figura 36, es el espectro por HPLC correspondiente a los

¹³⁶Ello se llevó a cabo utilizando como reactivo fenilsilicainato, mediante el procedimiento indicado por PicoTag para cromatografía de líquidos.

Las condiciones de experimentación fueron:

columna: Waters PicoTag 3.9mm. x 150mm, temperatura 38°C.

Bomba: dos bombas Waters 510, controladas mediante módulo de control Waters Millennium2010 software.

Eluyentes y gradiente: Waters PicoTag Eluyentes A y B, programa de gradiente de elución descrito por Waters, dejando un período de estabilización de 20 min en el eluyente B después de cada corrida.

Detector: Waters 991M diodo, programado para monitorear desde 230-350nm a 3.9 nm de resolución. Ximena Vázquez del Mercado y Mercedes Villegas "Los Estucos Modelados del Palacio y del templo de las Inscripciones de Palenque: Una Metodología de Análisis para la Técnica de Manufactura", Tesis, Escuela Nacional de restauración Conservación y Museografía, 1993.

aminoácidos encontrados en una muestra de Xuelen.

En las tablas 7 y 8 se proporciona la información de 19 muestras estudiadas. Para facilitar la comparación de resultados, el orden de las muestras en la tabla se hizo conforme al contenido de alanina, el mismo que de derecha a izquierda va disminuyendo.

Los aminoácidos encontrados en las muestras de pintura mural mediante HPLC, fueron cuantificados, los resultados se presentan a manera de gráfica en las tablas 7 y 8. El arreglo de muestras esta basado en el contenido de alanina (Ala).

En la tabla 7, las muestras de pintura mural están arregladas por contenido de alanina (Ala). Las muestras no contienen hidroxiprolina, aminoácido característico de la cola animal. El arreglo de las muestras, de mayor a menor contenido de alanina como se puede ver en las tablas 7 y 8.

Analizamos el contenido de los aminoácidos presentes en las gomas recolectadas para poder compararlos con los resultados obtenidos para la pintura mural. La tabla 9 muestra los resultados. Igual que para la pintura, las muestras no continen hidroxiprolina. Las muestras fueron derivadas de igual manera que las de pintura mural. Las muestras analizadas se ordenan también por contenido de alanina (Ala). El orden es el que sigue.

1. Tzahutli (muestra preparada según receta del manuscrito anónimo de 1548);
2. Nopal (goma cristalizada obtenida del *Opuntia tomentosa*, cercano a Cacaxtla, Tlaxcala);
3. Jonote de Verano (posiblemente un primo del Holol);
4. Ciruela (recolectada en el estado de Morelos);
5. Orquídea (*Bletia purpurea*, sin preparación);
6. Alamo;
7. Orchídea 2 (*Bletia campanulata* sin preparación).

De igual modo que hemos hecho al comparar los monosacáridos

mediante los espectros obtenidos en CG/SM de muestras de estándares y de pintura, podemos concluir aquí que, en primer lugar, el contenido de alanina marca la presencia de Tzahutli, esto es, la goma de orquídea preparada a la manera que el documento del siglo XVI describe: se hierven los pseudobulbos hasta que cambien de color, posteriormente se dejan secar al sol unos 20 días. Luego se muele en metate de piedra y se obtiene un polvo que se puede disolver en agua de cal. Muy probablemente las pinturas contengan en parte este aglutinante. Es importante hacer notar que las orquídeas sin preparación, a pesar de ser las especies que Hernández identifica como Tzahutli, no tienen un contenido de alanina similar o cercano siquiera al de la pintura mural. Por el momento es todo lo que se puede concluir de estos análisis.

La tabla 10 muestra que las cantidades de aminoácidos pueden variar en muestras pertenecientes a un mismo sitio. Esta variabilidad implica que las cantidades de aminoácidos deben ser analizadas de forma relativa. Esto es, simplemente con referencia al contenido de aminoácidos importantes en la caracterización de las muestras de pintura mural y de gomas recolectadas. En este caso es importante tomar en cuenta la cantidad relativa de alanina con respecto a otros aminoácidos. Los análisis podrían indicar que las gomas de Holol, de ciruelo y de orquídea están presentes en las muestras de pintura mural, ya que estos polisacáridos contienen relativamente más alanina que otras gomas.

Capítulo 7

Fabricación de pigmentos: la gran industria maya

La amplia paleta cromática usada por los pintores mayas durante el Clásico Tardío es verdaderamente sorprendente; basta detenernos en un muro de Bonampak para apreciar el gran esfuerzo que los artistas pusieron en producir colores variados en tonos, saturaciones y matices, de manera que sus representaciones tuvieran la magia del colorido de la realidad natural, además de la realidad imaginada. Este hecho resulta aún más asombroso si recordamos, como quedó asentado con anterioridad, que la cultura maya se desarrolló en un medio ambiente muy limitado en recursos minerales a partir de los cuales obtener pigmentos--la Península es básicamente una placa de roca caliza y dolomítica.

La pregunta que surge de inmediato es: cómo lograron esa gran cantidad de tonos, y en vista de las grandes extensiones que ocupan ciertos colores, y de la consistencia en las tonalidades (el verde de las plumas de quetzal siempre es el mismo, el azul turquesa de las cuentas de jade, es igual en cada representación de pendientes, etc.), ¿cómo preparaban sus colores para que éstos fueran homogéneos y de una tonalidad consistente? En la actualidad, esta fidelidad de los colores se logra gracias a fórmulas precisas y a la presentación de las pinturas en frascos, tubos o barras.

A continuación se presentan algunas respuestas a los interrogantes planteados con base en los datos proporcionados por las fuentes, los trabajos etnohistóricos y el estudio de los pigmentos por métodos de laboratorio

modernos: la difracción de rayos-X (DRX) mediante la cual se identifica el mineral que constituye el color, la microscopía óptica (MO) y electrónica de barrido (MEB), donde estudiamos la forma física de los colores y la estratigrafía pictórica.

7.1 La identificación mineral de los pigmentos

Los estudios de identificación de pigmentos fueron realizados en el Instituto de Investigaciones en materiales de la UNAM gracias a la colaboración de la Ing. Quim. Leticia Baños. El método de DRX es muy útil para el conocimiento de los pigmentos, ya que no solamente identifica los elementos químicos constitutivos, sino que además, proporciona información sobre su estructura cristalina, es decir, identifica su naturaleza mineral. En muchas ocasiones, por ejemplo, podemos tener varios tonos de rojo cuyo elemento principal es el hierro (Fe). La identificación por DRX logra diferenciar, en los distintos colores a base de óxidos de hierro, el compuesto mineral que le da origen, así, un rojo puede ser hematita mientras que el otro geotita y el otro simplemente óxido de hierro. A pesar de esa ventaja, muchas veces el análisis se dificulta porque se necesita la suficiente cantidad de mineral para que el difractómetro pueda identificarlo, ello resulta desafortunado en el análisis de colores diluidos o mezclados con cal.

Hemos analizado muestras de 36 estructuras diferentes pertenecientes a 24 sitios en el área maya. La tabla 11 resume todos los colores encontrados y los diferentes minerales y combinaciones de minerales que constituyen dichos tonos. Ahí mismo hemos hecho una agrupación por número de pigmentos utilizados, a la cual llamamos "rango".

El rango A son murales que tienen de 20-28 pigmentos o combinación de pigmentos diferentes.

El rango B murales con 13 a 20 pigmentos.

El rango C de 7 a 13 pigmentos.

El rango D de 2 a 6 pigmentos.

La identificación de los pigmentos por DRX y su clasificación por rangos se encuentra en la tabla 11 (la clasificación por rangos se encuentra en el borde superior de esta tabla).

Los murales de los rangos A y B:

Estos sitios tienen como característica el usar variaciones de un mismo color. En especial se trabajan los matices de azul, verde y rojo. Así por ejemplo, sitios como Bonampak e Ichmac se caracterizan por tener varias fórmulas para lograr intensidades de azul y verde maya.

La figura 37, es una fotografía en la lupa binocular, ampliada 32X, que muestra pequeños fragmentos de los diferentes tonos de azul encontrados en Ichmac, Campeche. La figura 38, es una fotografía de muestras del mismo sitio, con los tonos de verde en la lupa binocular, con una ampliación de 37X.

Es muy interesante constatar que el azul maya se combina con los pigmentos minerales malaquita (verde), azurita (azul), hematita (rojo), carbón (negro), albita (gris), para generar los tonos de azul desde el más claro al ultramarino. Un color particular de azul gisáceo se encontró en Ichmac y en Xuelen. El mineral identificado fue $(CaSi_3)$ wallastonita. Este es un pigmento muy raro asociado con las rocas calizas; por la tonalidad especial que posee,

FALTA PAGINA

No. 124

La obtención del colorante del índigo proviene seguramente de las técnicas de teñido de textiles. Como lo apunta Yoshiko Shirata, el índigo o añil se ha usado casi en todo el mundo y se puede encontrar en los textiles más antiguos. La especie *indigófera tinctoria* es la que se encuentra en nuestro país ya que crece en la línea equinoccial para lelo 20 norte y sur.¹³⁸

El colorante se extrae al macerar en agua las hojas y ramas frescas de la *indigófera tinctoria*, las cuales se dejan en el fondo de un tanque con agua hasta que comience la fermentación que produce burbujas violáceas en superficie. Entonces, el líquido se pasa a otro tanque en donde se comienza a batir para que, al contacto con el aire, se oxide la solución. Para "cuajar" la tinta, es decir, producir un sedimento azul que sirve como colorante, se emplea la goma de gulabere (*cordia alba*). En este momento se agrega una solución alcalina (de cal, de ceniza o bien de alumbre), y el líquido se torna azul. Se deja reposar para que la tinta que se presipite y asiente en el fondo. El producto de sedimento se llama "añil flora".¹³⁹ Inclusive hoy día los lacandones fabrican este colorante y se vende compactado, en forma de panecillo.

El "añil flora" sirve para teñir la lana o el algodón. El proceso es el de sumergir las fibras en una olla con agua y colorante, y calentar durante una hora moviendo constantemente. Este mismo procedimiento se realiza para fijar el colorante azul (añil flora) en la arcilla paligorskita y así hacer azul maya. "El secreto de la estabilidad frente a los ácidos (del azul maya) es que el pigmento debe ser calentado a temperatura moderada (75-150°C) durante

¹³⁸Yoshiko, Shirata, Colorantes Naturales, p 53-55

¹³⁹Ibídem, p.58.

varios días".¹⁴⁰ La estructura de las arcillas usadas para este efecto, atapulgita y saponita (ambas de la familia paligorskita) es esencial para la estabilidad del pigmento. La estructura es laminar y presenta hendiduras cilíndricas en superficie. Van Olphen, en 1962, llevó a cabo experimentos de fijado del tinte de índigo en otras arcillas blancas con estructura laminar parecida a la pligorskita: kaolinita, bentonita, mordenita, zeolita, encontrando que ninguna de estas arcillas producen un color tan estable frente a los ácidos.¹⁴¹

Sin embargo, encontramos mediante DRX un azul maya diferente en la pintura mural del Templo de los Jaguares en Chichen Itzá. El azul tiene un color especial (parecido al azul rey) y además el mineral en el que está fijado es la arcilla kaolinita. Este es el único pigmento azul maya con estas características y es importante hacer notar esta excepción ya que las pinturas del Templo de los Jaguares presentan características materiales que son diferentes al resto de la pintura mural maya ya que todos los sitios estudiados por DRX presentan el azul maya fijado sobre paligorskita.

La **figura 39** es una fotografía al MEB de una sección transversal del azul del Templo de los Jaguares. La imagen por IERD deja ver distintos materiales. Como siempre, en color claro, se presentan las partículas de sascab y la matriz de cal. En negro las zonas con materia orgánica. La capa pictórica es completamente negra, poniendo en evidencia el alto contenido de materia orgánica en la capa pictórica. Por encima del estrato negro observamos partículas sueltas en color blanco que corresponden, según nuestro análisis puntual, a carbonato de calcio acumulado en superficie. El

¹⁴⁰H. Van Olphen, *Science*, (Nov. 1966), Vol. 154, p. 643.

¹⁴¹*Ibidem*, p. 644.

espectro mediante MEB correspondiente a la capa pictórica, figura 40, muestra el alto contenido de carbono (C) perteneciente a la materia orgánica -el índigo junto con el aglutinante--; nótese la presencia de silicio (Si), aluminio (Al) y magnesio (Mg), minerales de los que se conforma la kaolinita.

Sin embargo, es importante resaltar que el pigmento azul maya no es solamente un excelente material debido a su gran estabilidad química y ante la luz, sino también porque presenta una gran versatilidad tanto en su manejo, como en la variedad de tonalidades que se logran obtener a partir de él, como se muestra en la figura 37.

Si tomamos en cuenta la experiencia de teñido de lana con el azul añil, podemos inferir que las tonalidades claras de azul maya, al igual que las lanas, fueron fabricadas al variar el pH de la solución ligeramente hacia el ácido, posiblemente agregando un ácido orgánico ligero, proveniente de la fermentación. En cambio, el azul oscuro se logra mediante las soluciones alkali.¹⁴²

Los verdes maya

Otra característica de los sitios con rangos A y B (ver tabla 11) es la presencia del color verde maya. Lo hemos llamado de esta manera porque es la primera ocasión que se realiza una identificación de este color. Como el azul maya, el verde maya se fabrica al impregnar una arcilla (en la mayor parte de los casos es la saponita, aunque puede usarse la misma atapulgita) en el colorante orgánico extraído del índigo. El color verde se logra porque la

¹⁴²En el verano de 1996 pude observar lo antes dicho en el taller del Grupo de Artes Plásticas de los Altos de Chiapas, en San Cristóbal de las Casas, coordinado por Aidé Varela, y en los Talleres de Artes Kun Kun en donde se tiñen lanas y algodones con tintes vegetales.

saponita es un poco amarillenta (y no totalmente blanca como la paligorskita), pero fundamentalmente porque el color azul se combina con los minerales ocres (limonita, montmorillonita con FeOH) o bien, posiblemente con otro colorante orgánico amarillo.

Hemos distinguido 5 diferentes formas de verde. Entre los más sofisticados y sólo comunes a ciertos murales (Bonampak, Ichmac y Chacmultún) se encuentra el verde que imita el color del plumaje esperalda, iridiscente del quetzal (tabla 11, pig. nº. 13). Al final de esta sección se presentan las fotografías al MO de los cortes transversales mostrando los colores más importantes. Las variantes se muestran en la **figura 42**.

Los tonos de la piel

Los murales de los rangos A y B también tienen una gran variedad de tonalidades para pintar los cuerpos semidescubiertos de los antiguos mayas. El color café y los diferentes rojos y ocres se combinan de manera que cada personaje posee un tono de piel que lo hace diferente de otro personaje. En realidad es una manera de dotar de individualidad a las figuras y de crear una vibración colorística que evita la monotonía.

La **figura 41** (página 119) muestra en la Cámara 1 de Bonampak, muro norte, a una serie de personajes diferenciados por el color de su cuerpo.

Lo importante es señalar aquí que los colores de las pieles humanas debieron haber sido preparados de antemano. Los minerales que se usan son comunes al área maya y se pueden observar en la tabla 11, pigmentos del 20 al 35. Los pigmentos empleados son de origen terroso, se pueden recolectar en barrancas ya que allí se logran diferenciar minerales diversos en la estratigrafía de la tierra. En Chiapas todavía hoy día las mujeres ceramistas

de Amatenango conocen bien las tierras de colores que les sirven para decorar sus objetos.¹⁴³ Los pigmentos terrosos son abundantes, sin embargo su recolección requiere de experiencia. Se presentan como piedras de tierra compactada, no como tierra suelta. Al ser humedecidos no deben tener la plasticidad típica de las arcillas usadas para modelar, ya que esta característica produce que las capas pictóricas se desprendan como hojuelas enconchadas. Los tonos de tierras ferrosas se pueden calentar y se logra con ello una variedad de tonalidades: a mayor temperatura más oscuro se vuelve el tono. Los ocres amarillos se calientan hasta formar un rojo naranja. Los ocres rojizos se calientan hasta lograr una tonalidad café.¹⁴⁴ Este fenómeno seguramente fue utilizado por los pintores y es una herencia de la cerámica.

Los rojos

Los pintores mayas usaban diferentes intensidades y matices de color rojo. Es común a los sitios mayas con pintura mural, como lo es para muchas otras regiones en Mesoamérica, la yuxtaposición de dos rojos, uno claro, de matiz naranja, y otro oscuro, de matiz guindáceo. La tonalidad clara (naranja) es más fácil de obtener. Existen pigmentos terrosos con este color y al calentar el ocre amarillo se logra un color rojo-naranja con una brillantez muy singular. Sin embargo, el rojo hematita, con diferentes tonalidades, debió haber sido un pigmento difícil de producir. De hecho, los ceramistas actuales no utilizan este color. En su tratado Il Libro dell' Arte, Cennino Cennini aclara que el rojo hematita se producía al moler la piedra cristalina de hematita,

¹⁴³Diana Magaloni, Tatiana Falcón, trabajo de campo.

¹⁴⁴Diana Magaloni y Tatiana Falcón, trabajo de Campo, San Cristóbal, 1996.

misma que presenta una gran dureza.¹⁴⁵ Minas de hematita en la Península de Yucatán se localizan en Guatemala.¹⁴⁶

En resumen los sitios pertenecientes a los rangos A y B pertenecen al período Clásico en pintura mural. La evidencia de tonos múltiples y diferentes fórmulas en cada sitio indican el fuerte énfasis de las tradiciones locales en crear sus propios tonos y en experimentar con los pigmentos. Sin embargo, el empleo de combinaciones de minerales no usuales como el azul maya y la azurita, el azul maya y la malaquita, el verde quetzal y los verdes en general, parecen indicar que los pintores debieron haber compartido una tradición común, que los acerca en sus diferencias.

Los murales del rango C

A pesar de no presentar la variedad de colores de los rangos A y B, algunos de estos murales presentan los colores verde maya y azul maya en dos tonos respectivamente. Así por ejemplo, la pintura mural de Palenque, en especial la casa E; las pinturas murales del Templo de los Jaguares y del Templo del Chac Mool en Chichen Itzá; la pintura de Dzulá, y de Sodzil en Yucatán; y, Chelemí en Campeche, son ejemplo de este grupo de rango C en el Clásico cuya paleta es vasta aunque no tan sofisticada como otros sitios.

Las pinturas murales de San Gervasio, las de Tancal, estructura 12, y las de san Angel en Quintana Roo, son ejemplos de pintura durante el Posclásico que tienen una mayor variedad de colores. Sin embargo las fórmulas del

¹⁴⁵Cennino, Cennini, Il Libro dell'Arte (The Craftsman's Handbook), Traducido por Daniel V. Thompson, Jr., Dover, New York, 1966, p.25.

¹⁴⁶Leticia Staines, comunicación personal. Ver también el mapa geológico tomado de Maldonado-Koerdel, en donde se puede observar que las únicas rocas extrusivas de origen volcánico se encuentran en Guatemala (figura.26, página 80), es en estas circunstancias geológicas que podemos esperar encontrar hematita cristalina.

Clásico para crear tonos diferentes de verde maya y azul maya con minerales se ha perdido. En particular se evidencia la desaparición del color verde.

Los murales del rango D

Durante el Posclásico ocurre un fenómeno interesante. Se reduce la paleta de colores, pero los tonos se hacen uniformes, como si todos los sitios compartieran los mismos pigmentos. Así, existen las siguientes tonalidades básicas: el azul maya que se aplica concentrado y diluido. El negro de carbón, el gris, hecho al mezclar este negro con cal, el ocre, que se aplica en una sola saturación y el rojo oscuro. Los sitios del rango D pertenecen en su mayor parte a este fenómeno tardío de la pintura del Posclásico.

7.2 La estratigrafía de las capas de color en el microscopio óptico

Los análisis al microscopio óptico permiten estudiar los métodos de creación de colores. Las fotografías fueron tomadas por la autora en un microscopio metalográfico del Laboratoire de Conservation de la Pierre, de la Escuela Politécnica Federal de Lausana, Suiza. Así, fue posible documentar los métodos de aplicación del color y de creación de tonos secundarios y efectos plásticos del color. La información se complementa con los análisis de identificación de pigmentos mediante DRX.

Creación de tonos mediante transparencias:

Este método supone la aplicación de dos estratos independientes con

colores distintos que sumados crean un tercer color. Así, el color verde quetzal (figura 42) se hace al sobreponer una capa de pigmento azul sobre un estrato verde subyacente. La transparencia, además de ser un modo de componer un tercer tono, es un recurso para crear la sensación de profundidad acuática o aérea en las tonalidades. Este recurso de transparencia ópticamente empuja los colores hacia adentro. Si junto a un color transparente se pinta un tono opaco y saturado, este último dará la impresión de salir fuera del plano, y de ser mucho más denso y pesado que el tono translúcido.

Las tonalidades de azul maya a veces logran esta característica. Por ejemplo en Bonampak, el color del fondo del muro inferior del cuarto 1 es de un tono azul acuático que contrasta con la opacidad de los cuerpos de la procesión y banda de músicos. En la figura 43, se puede ver cómo el azul del fondo se coloca por detrás de las figuras, creando una sensación de profundidad de campo. Los cuerpos, pintados de colores opacos, parecen materializarse por encima del azul. Ello muestra un recurso plástico basado en la técnica de creación de tonos: los pintores yuxtaponen las transparencias y las saturaciones opacas, para con ello, crear la ilusión óptica de materialidad de los cuerpos humanos. Podría decirse, al observar estos cuerpos contra el fondo azul, que los pintores han calificado con una categoría de densidad y de masa al cuerpo humano; en la pintura mural del Renacimiento Italiano se califican con la categoría volúmen. La materialidad densa de los cuerpos contrasta en Bonampak, con la liviandad y profundidad de campo del fondo azul "agua". Parece que los artistas otorgaran una particularidad material etérea al color del cielo azul contra el cual se observa

pasar la procesión de músicos. Los cuerpos de Bonampak están pintados con colores oscuros y saturados, formulados mediante la mezcla de varios minerales. Es decir, son colores "sucios" que al dispersar la luz incidente en muchas direcciones, generan opacidad y no transparencia. Aquí un ejemplo de cómo la técnica es una forma de expresión plástica y por lo tanto de creencias. Posiblemente estas observaciones muestren un concepto estético y simbólico de la pintura mural. Es decir, mediante el empleo de dos métodos distintos de creación y aplicación del color, el primero, un color transparente, formulado como un tinte (azul maya), el segundo un tono opaco, formulado al mezclar pigmentos terrosos y arcilla (color de las pieles humanas). se logra crear dos planos diferentes en la representación. El color del fondo tiene la imaterialidad del aire y se encuentra detrás, el tono de las pieles produce el efecto de densidad sólida, y se encuentra enfrente. Sin embargo, este recurso plástico, al que podemos señalar como una forma particular de perspectiva, califica y distingue simbólicamente a los cuerpos del fondo. El azul transparente e inmaterial señala la cualidad del lugar en donde caminan las figuras que parecen existir físicamente.

Este mismo recurso refinado y complejo, se emplea en las pinturas de Ichmac, Campeche. Encontramos fondos realizados con suspensiones poco cargadas de pigmento y con mucho alginante: en distintos muros el color del fondo varía: hay un color azul claro (similar al de Bonampak) en el muro poniente, segundo registro; otro naranja translúcido, en el muro oriente segundo registro, la parte alta de la bóveda se pintó de verde amarillento, también translúcido. Sobre estos fondos acuareleados, se pintan personajes cuyos rostros y cuerpos están realizados con pigmentos terrosos, de alto

poder cubriente. Por DRX hemos identificado que los colores de algunas pieles de los personajes de Ichmac están mezclados con arcilla paligorskita, hecho que posibilita la creación de una pasta densa de color que tiene alta saturación (ver capítulo 1 figura 4).

El color azul muy claro, de las pinturas de Ichmac, se logra mediante una capa muy diluida de azul maya, la cual, al ser aplicada sobre el blanco impecable del soporte, genera una especial tonalidad de azul. Esto se observa en la figura 44. El manejo de diferentes espesores es así mismo un método de creación de colores mediante transparencias, ya que la capa diluida aprovecha por transparencia el blanco del soporte.

Las tonalidades de azul oscuro se logran al concentrar el tinte de índigo en la paligorskita. La figura 45 es un ejemplo de las pinturas del cuarto 8 en el edificio de Las Monjas en Chichen Itzá. Allí, los pintores crearon varias tonalidades de azul para pintar el fondo de azul oscuro, y el agua del río de azul verdoso claro. El tratamiento de colores que describen el paisaje en el fondo recuerdan a las pinturas de Bonampak, en donde, en la cámara 2, el cielo del fondo fue pintado también con el color azul oscuro, mientras que la vegetación de la selva mediante tonos de verde seco y oscuro. A pesar de la similitud en el tratamiento del color y del paisaje (hecho poco común en la pintura mural maya), las pinturas de Chichen Itzá no tienen la calidad material, compleja y meticulosa, de Bonampak o de Ichmac. En este caso los colores no presentan diversas saturaciones y no juegan con la yuxtaposición de transparencias y opacidades. Interesante es notar que el azul del río en el cuarto 8 de Las Monjas, también se fabricó con azurita y azul maya.

Los tonos de verde claro se logran a veces, mediante transparencias. La

fotografía en la lupa binocular amplificación de 16X (figura 46) de un fragmento de Ichmac, Campeche, permite observar cómo el verde se pintó por encima de un tono amarillo brillante. Es interesante notar el movimiento de la pincelada y la huella que dejó. Estas marcas indican el uso de suspensiones de color diluidas, como en la acuarela.

Mezcla de pigmentos para creación de tonos secundarios y efectos especiales

Hemos dicho que el color de la piel de los personajes de los murales mayas se logran mediante la fórmula de mezcla de pigmentos. Los pintores lograron diferentes cualidades de opacidad, saturación y textura de las capas pictóricas al mezclar los pigmentos en forma de polvo y preparar así sus colores. Algunas veces agregan a esta mezcla alguna arcilla para espesar el color y crear pastas (véase en el capítulo 1 las figuras 4 y 5).

Las siguientes fotografías al microscopio óptico dejan ver las diferentes fórmulas: La figura 47 es una fotografía al MO, con un aumento de 100X, de una muestra de Chacmultún, Yucatán. El color café oscuro-rojizo se logró mediante la mezcla de minerales que fueron aplicados en un estrato muy ancho. El grosor del estrato es de 160 μ . Se logran observar partículas mayores de arena silícica dentro del mineral. Este pigmento, muy probablemente, fue extraído de la tierra roja de la región.

La figura 48. MO. 100X, muestra el color café del personaje central de Dzúlá, Yucatán. Esta vez los pintores utilizaron una transparencia para oscurecer el pigmento ocre. El estrato amarillo mide 60 μ , el negro 13 μ .

La figura 49. MO. 100X, muestra el color de piel negra de las pinturas de

Bonampak, cuarto 2. Es importante notar que el negro de carbón es combinado con pigmento rojo para dar una matiz cálido al color negro. El estrato mide a penas 30μ . Algunas partículas rojas miden aproximadamente 20μ de diámetro. Aquí se nota también el uso de tierra roja del lugar que no ha sido molida minuciosamente.

Colores mezclados con cal y yeso: una variación técnica del PosClásico

Las pinturas murales del Posclásico en general y los murales del Templo de los Jaguares y algunos muros del Templo del Chac Mool, en Chichen Itzá, así como la pintura mural llamada El jaguar descendente en Xelha, usan un método diferente de aplicación de los colores claros. Todos estos murales presentan, en algunos tonos, la mezcla de sus colores con la cal y con yeso. Por ejemplo en las pinturas de Chichen Itzá los colores apastelados (verde claro, amarillo rojo claro de la piel) son muy fáciles de estropear mediante las pruebas mecánicas hechas en la lupa binocular sobre fragmentos de pintura. En cambio el color rojo oscuro, el azul rey, el verde oscuro, presentan mucha mayor resistencia. Esta capas pictóricas apasteladas han sido mezcladas con cal y yeso . La Pintura mural de la casa Azul en Rancho Ina, es otro ejemplo del mismo fenómeno. Las capas pictóricas de azul, ocre y gris, son fácilmente degradables. Las capas pictóricas contienen en la mezcla de pigmentos, cal y yeso.

En Tulum, en Xelha, en San Angel y en Cobá, las pinturas del Posclásico presentan capas pictóricas que contienen en mezcla con el pigmento, cal.

El agregar cal y yeso a la mezcla de pigmentos produce efectos

pleásticos y de manejo del color que son diferentes de las pinturas murales del Clásico. Los polvos de cal y yeso producen una mezcla pastosa que tiene alto poder cubriente pero no de adherencia. De este modo, las capas pictóricas deben de ser bruñidas una vez que son aplicadas de manera que la compactación producida por el proceso mecánico de pulimiento, compacte el color y lo haga más resistente. Podemos suponer que esta técnica variante en la técnica de aplicación del color fue introducida al área maya por pintores con otra tradición técnica debido a que durante el Clásico tardío se presenta exclusivamente en los murales del Jaguar Descendente, en Xelha, Quintana Roo, y en el mural del Templo del los Jaguares en Chichen Itzá, Yucatán. Probablemente esta influencia técnica persiste durante el Posclásico, y se agrega como una de las posibilidades pictóricas de la técnica maya tradicional, que emplea agua de cal y un aglutinante orgánico para fijar el color, como se verá más adelante.

La figura 50. MO. 100X es el azul claro, de la pintura mural en El Castillo, Tuum, Quintana Roo. El espesor de la mezcla de cal y pigmento es de 120μ . La figura 51. MO. Cobá. Grupo las Pinturas. El espesor del color gris, mezcla de negro de carbón y cal es de 120μ .

El color azul maya puede también aplicarse sin mezclarse con cal, de forma diluida. El color ocre, rojo y negro, tampoco presentan cal en su mezcla. En resumen, probablemente la técnica de mezclar los pigmentos con cal y con cal y yeso, es una técnica aprendida en el contacto con otras técnicas extranjeras, provenientes del Altiplano Central. Sin embargo, el empleo del aglutinante para aplicar el color, sigue la técnica desarrollada durante el Clásico.

7.3 La tecnología del color a partir de las fuentes

E. Thompson apunta algunos de los pigmentos minerales usados por los pobladores de Yucatán¹⁴⁷. Así, las tonalidades de café y de rojos, se obtienen al procesar la tierra rojiza de la región llamada, según el autor, *kancab*. Esta tierra, comenta, se calienta en grados diversos para obtener tonos más oscuros y luego se muele en un mortero de piedra.

El rojo fino, en cambio, según el autor, parece ser un tono orgánico obtenido de la tinta y la madera roja del *chanté*. La madera del *chanté* se usaba también para darle una coloración rosada a la cal de algunos aplanados¹⁴⁸.

Algunas descripciones hechas en las Relaciones Geográficas del siglo XVI: Guatemala, describen métodos de obtención de pigmentos terrosos como los rojos, cafés, negros y ocre. Se comenta que dichos colores eran recolectados construyendo, en los riachuelos ricos en minerales, pequeñas desviaciones en forma de pozas en las que, por el método de flotación de las partículas finas y decantación de las más pesadas, obtenían polvos finos de colores.

Los indios Pilpiles hacen pozas o remansos de agua en que se cría una nata... que en efecto se hace colorada como grana y desto hacen y dan colores a unos jarros... Yo creo que es bol arménico... . En otro arroyo con la misma orden, cogen otra

¹⁴⁷Thompson, E.H. Op. Cit. pp.185-186.

¹⁴⁸Hansen, E. et al., Descubrieron un color rosado, de naturaleza orgánica de la policromía de los estucos del Preclásico en Nakbe, Guatemala, en "Los Análisis de los estucos y pinturas arquitectónicas de Nakbe: resultados preliminares de los estudios de los métodos y materiales de producción", VII simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, julio 18-22, 1994, en prensa. p.9

tierra negra conque dan muy buen color negro.¹⁴⁹

E. Thompson se refiere también a que los diferentes tonos de azul se obtenían de plantas de la familia del *añil*. En su descripción, se revela un hecho muy importante y que ha sido en parte confirmado por nuestros análisis de materiales: los mayas fabrican varios tonos de azul al combinar el extracto de índigo con la savia o tinta de otros árboles.

El azul se prepara al mezclarlo con agua y ciertas savias de árbol que varían dependiendo del color que se desee obtener y también al emplear la clara del huevo de faisán como medio para el pigmento.¹⁵⁰

Por su parte, Roys complementa esta información al describir que, el llamado por los nativos de Yucatán *choh* (*indigófera*) y en español, añil, es empleado tanto para teñir como para pintar. Agrega que a partir de la savia de *chucum* se obtiene una tinta negra¹⁵¹, y que con la savia del árbol llamado *Ek* o palo-tinta, se producía un tinte que puede variar en tonalidad de negro, azul y púrpura, el mismo que según las Relaciones Geográficas de Yucatán, era exportado en cantidad a España.¹⁵²

Probablemente estos eran los extractos de corteza de árbol que se empleaban para cambiar el tono del color azul. En efecto, como hemos visto existen al menos 6 variantes de azul entre las cuales hay tonos muy oscuros.

¹⁴⁹Relaciones Geográficas del Siglo XVI: Guatemala, Tomo 1, René, Acuña (editor), UNAM-IIA., México, 1982, p.273.

¹⁵⁰Thompson, E.H. OP. Cit. P.185

¹⁵¹Roys, Ralph, *The Ethnobotany of the Maya*, Middle American Research Series, Pub. 2. New Orleans, 1931, pp.238-239

¹⁵²Roys, R., *The Ethnobotany*. Op. Cit., p.240.

El negro, según E. Thompson, era obtenido, al quemar astillas de *chakah*, que es una madera resinosa, y molerlas hasta obtener un polvo fino¹⁵³. De igual modo Sahagún dice que el negro se obtenía del humo de las *teas*, es decir, de las astillas de madera resinosa¹⁵⁴.

Por último, E. Thompson habla de que los mayas obtenían un tono amarillo de las frutas del achiote¹⁵⁵.

La mención de colores producidos a partir de colorantes orgánicos como el añil (*Indigófera spp.*) y el achiote (*Bixia orellana spp.*) es sobresaliente. No es sólo E. Thompson quien nombra estos productos para la pintura de Yucatán, sino que Sahagún y Hernández hablan de ellos cuando se refieren a la producción de colores para pintar en el Altiplano Central, lo que puede indicar que algunas tradiciones en la fabricación de pigmentos son pan-mesoamericanas.

La semilla sirve a los pintores para extraer el color escarlata,... Para preparar la tintura toman los granos ya maduros, los echan en agua caliente y los agitan; ... lo dejan después asentarse y dan forma de panecillos como los del añil o mohuitli que se saca del xihuiquilitl, para usarlos en su oportunidad. Y es de la forma tan tenaz este género de tintura, que una vez untada apenas podrá quitarse y mezclada con orina es indeleble.¹⁵⁶

La descripción de Hernández, a la vez que proporciona información

¹⁵³Thompson, Edward. Op. Cit., p. 186.

¹⁵⁴Sahagún, Bernardino de. Op. Cit. p.699.

¹⁵⁵Thompson, Edward. Op. Cit., p. 186.

¹⁵⁶ Hernández, Francisco. Op. Cit., Tomo I. p.85 (el subrayado es nuestro)

acerca de que algunos colores usados por los pintores prehispánicos son de naturaleza orgánica, señala el formato que tenían: *en panecillos que usan en su oportunidad*.

Esta forma de componer los colores es también una antigua tradición de la pintura occidental. Los pigmentos molidos se combinaban para obtener el tono deseado, *v.gr.* amarillo y azul para un tono vivo de verde; rojo, blanco y azul para ciertas encarnaciones, etc. Los polvos de colores eran ligeramente aglutinados con una goma suave para formar placas como galletas, las cuales eran conservadas con facilidad.¹⁵⁷

Sahagún, por su parte, hace referencia a la preparación de barras de colores compuestos para el mundo precolombino, entre los cuales es importante mencionar los siguientes panes de color: rojos preparados con pigmento de cochinilla puro; rosados, preparados con cochinilla y greda;¹⁵⁸ azul oscuro y azul claro, obtenidos de los panecillos que se preparan con el sedimento del añil o *xihuiquilitl*; amarillo claro, producido de "los panes de hierba amarilla o *zacatlascalli*";¹⁵⁹ y el almagre, o tierra roja. Los colores compuestos, según se puede inferir en Sahagún eran aglutinados con *Tzahutli* o goma de orquídea.

Mezclando grana colorada con alumbre y con cal, se hace un color morado. Para hacer color leonado, toman una piedra que traen de Tláuic, que llaman *tecoxtli*, y muélenla y mezclanla con *tzahutli*.¹⁶⁰

¹⁵⁷Cennini, d'Adrea Cennino, Op. Cit. pp. 20-41.

¹⁵⁸Florentine Codex, General History of the Things of New Spain, Fr. Bernardino de Sahagún, trad. Dibble y Anderson. Book, 10, Cp. 21, p. 74.

¹⁵⁹Sahagún, Bernardino de, Op. Cit., p. 698.

¹⁶⁰Ibídem p.699

A través de estas descripciones podemos acercarnos al mundo de los pintores de entonces e imaginar de modo más definido cómo era la tradición.

De manera sintética podemos decir que los pintores producían sus colores a partir de minerales que eran recolectados y procesados con métodos ingeniosos: calentamiento de las tierras ricas en óxidos de hierro para oscurecer el tono de rojo, así como el empleo del sistema de flotación para recolectar las partículas finas de pigmento en los riachuelos. Mediante estos dos métodos se podía obtener una gama amplia de colores que van desde el ocre amarillento, pasando por los rojos-naranjas y los oscuros, hasta los tonos guindas, cafés y negros.

Por otro lado, las fuentes hacen mención de que se producen colores a partir de tintes vegetales: dos tonos de azul, amarillo y rojo; sin embargo, no comentan nada sobre los procesos de fabricación. Sobre el azul es posible deducir que se mezcla el producto del añil o índigo con la savia de algunos árboles para componer tonalidades de azul más oscuro. Este hecho resulta muy importante para la técnica pictórica maya pues una gran cantidad de obra mural del Clásico presenta diversas tonalidades de azul.

Podemos deducir que una explicación para la homogeneidad y consistencia del color en las representaciones, es que los colores compuestos, como los llama Sahagún, eran preparados de antemano en forma de barras o panecillos, y estos a su vez eran guardados y utilizados para la ocasión. Posiblemente los panes de colores fueron producto del comercio entre centros de población y entre regiones distantes por ser fácilmente transportables. El comercio de pigmentos se hace particularmente evidente en las pinturas

murales del Posclásico de la costa de Quintana Roo.

En la actualidad, el proyecto de recopilación de información sobre técnicas tradicionales de la artesanía lacandona realizado por investigadores de Na Bolom, en San Cristóbal de las Casas, confirma que algunas de las tradiciones mencionadas en los documentos antiguos y trabajos de etnohistoria de principios de siglo aún se siguen empleando. De esta forma, se describe que para la obtención de colores se usan diversas plantas. El rojo se obtiene del palo Brasil.¹⁶¹ Las astillas se pasan un momento por el fuego y se sumergen en agua para que salga la tinta. El blanco se produce al calcinar caracol de río, como se había mencionado con anterioridad. El amarillo se produce cociendo la cal de concha con el jugo de la raíz del árbol llamado *kanté*. Es decir, es un proceso similar al de la tinción de la arcilla blanca paligorskita en la fabricación del azul maya. El negro se obtiene al quemar un palo resinoso y colocar una jícara sobre éste. El "tizne" se raspa de las paredes de la jícara.¹⁶²

Por su parte, Marion Singer en su investigación sobre la tecnología en medio selvático, comenta que el color amarillo, además de obtenerse de la corteza del *kante'*, se puede obtener de una flor marilla llamada *tsura* y de la corteza de *xoyok*. El rojo, de la corteza de caoba o *puna'*, y de la corteza del *chakax*.¹⁶³

¹⁶¹ Probablemente es la especie *Haematoxylon brasiletto* (palo de Brasil). Color de la madera es rojo, sustancia tintorea es brasilina y es soluble en agua. Al contacto con el aire da un rojo carmín intenso. Ver Yoshiko Shirata, OP. Cit. Pp. 73-75.

¹⁶² Proyecto Na Bolom, San Cristóbal de las Casas, "Técnicas tradicionales de artesanía", manuscrito, agosto de 1996.

¹⁶³ Singer, Marie-Odile Marion Los Hombres de la Selva: un estudio de tecnología cultural en medio selvático, FONCA-INAH, Colección Regiones de México, 1991, pp.217-218.

7.4 La tierra blanca *sak lu'um* como base de la fabricación de pigmentos.

Arnold y Bohr¹⁶⁴ reportan que los habitantes del poblado de Sacalum, cercano a Ticul, reconocían en los estratos del cenote del mismo nombre estrechas bandas horizontales a las que llamaban *sak lu'um*, tierra blanca, y que esta tierra era, efectivamente, atapulgita. Contiguo al cenote encontraron una cámara subterránea de 370 metros cuadrados la cual parece haber sido una mina de atapulgita en tiempos prehispánicos. Los autores suponen que la cavidad fue formada por la actividad de la mina y calculan una explotación de 589 metros cúbicos de material. Esta valiosa arcilla fue la materia prima para la elaboración de importantes pigmentos en el mundo mesoamericano, el más conocido y extendido de los cuales es el azul maya. Sin embargo, en el transcurso de esta investigación, hemos podido identificar otros usos y diferentes colores formulados con base en este producto. Es por lo tanto probable que la actividad de la mina de Sacalum y otras minas de la región fuera tan intensa como lo describen estos autores. No debemos olvidar que los habitantes de la península se enfrentaron con la ausencia de rocas extrusivas y minerales de colores a partir de los cuales extraer pigmentos. Así, se desarrolló una tradición de manufactura artificial de colores difíciles de obtener, la cual estuvo basada en la combinación de tintas vegetales con la arcilla blanca o con la cal¹⁶⁵.

¹⁶⁴Ibidem pp.26-27.

¹⁶⁵Hansen, Eric, Richard Hansen y M. Derrick, en "Los Análisis de los estucos y pinturas arquitectónicas de Nakbe: resultados preliminares de los estudios de los métodos y materiales de producción", VII simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, julio 18-22, 1994, en prensa. Los autores

7.4 La tierra blanca *sak lu'um* como base de la fabricación de pigmentos.

Arnold y Bohr¹⁶⁴ reportan que los habitantes del poblado de Sacalum, cercano a Ticul, reconocían en los estratos del cenote del mismo nombre estrechas bandas horizontales a las que llamaban *sak lu'um*, tierra blanca, y que esta tierra era, efectivamente, atapulgita. Contiguo al cenote encontraron una cámara subterránea de 370 metros cuadrados la cual parece haber sido una mina de atapulgita en tiempos prehispánicos. Los autores suponen que la cavidad fue formada por la actividad de la mina y calculan una explotación de 589 metros cúbicos de material. Esta valiosa arcilla fue la materia prima para la elaboración de importantes pigmentos en el mundo mesoamericano, el más conocido y extendido de los cuales es el azul maya. Sin embargo, en el transcurso de esta investigación, hemos podido identificar otros usos y diferentes colores formulados con base en este producto. Es por lo tanto probable que la actividad de la mina de Sacalum y otras minas de la región fuera tan intensa como lo describen estos autores. No debemos olvidar que los habitantes de la península se enfrentaron con la ausencia de rocas extrusivas y minerales de colores a partir de los cuales extraer pigmentos. Así, se desarrolló una tradición de manufactura artificial de colores difíciles de obtener, la cual estuvo basada en la combinación de tintas vegetales con la arcilla blanca o con la cal¹⁶⁵.

¹⁶⁴Ibidem pp.26-27.

¹⁶⁵Hansen, Eric, Richard Hansen y M. Derrick, en "Los Análisis de los estucos y pinturas arquitectónicas de Nakbe: resultados preliminares de los estudios de los métodos y materiales de producción", *VII simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, julio 18-22, 1994*, en prensa. Los autores

7.5 La taxonomía de las tierras en el Pucc: una evidencia de la colorística maya.

La sensibilidad frente a las diversas tonalidades y sutilezas en el matiz de los colores, se hace evidente al leer la taxonomía de los suelos del Pucc que presenta Dunning.

El autor reporta que los campesinos que trabajan las tierras de la sierrita de Ticul, antiguamente conocida como el Pucc, aún utilizan taxonomías basadas en el color diferente de los suelos y opina, con base en la lectura de documentos antiguos y del diccionario maya, que esta ordenación tienen su origen en tiempos prehispánicos.

Como la agricultura depende de la calidad de los suelos, comenta, es importante para el campesino saber reconocer las cualidades de la tierra en la que planta y cómo ciertos suelos favorecen ciertas especies. El estudio de la taxonomía de suelos usados en la península de Yucatán utiliza en primer lugar los lexemas más comunes usados para describir el tipo de suelos: "arcilla", "sedimento" o tierra rocosa. Así, *luuum* y *cab* se refieren a los suelos agrícolas. *Xibluum* a los suelos áridos; *chehluum*, a los rocosos; *acalche* a los pantanosos.

Los suelos agrícolas se clasifican por colores:

Ek-luum, muy oscuro, negro, con alto contenido orgánico, usado para la milpa y agricultura de temporal.

identifican mediante FT-IR un colorante orgánico que califican de color "crema o amarillo-rosado" en muestras provenientes de Nakbe, Guatemala, del Preclásico tardío. Aparentemente, la tinta orgánica es similar a la del *Relbunium tetragonum*.

Pushuum, tierra gris oscuro, seca, suelta, fácil de arar y buen drenaje.

Yaxhom, tierra negra-verduzca, similar a *ek-luum* pero se distingue por su tono oliva. Este término es "moderno" no se encuentra en los diccionarios antiguos.

Kancab, suelo amarillo-rojizo, pegajoso, arcilloso que al humedecerse, es capaz de absorber mucha agua y de formar un sólido duro. Probablemente se encuentren depósitos de pigmento y de arcillas para la alfarería.

Chac-luum, tierra roja, menos compacta, polvosa, se encuentra en distintos tonos de rojo depositada en *chultunes* de la serranía. Esta tierra se usa para el crecimiento de la milpa.

Kaccab, se refiere en general a la tierra roja que se encuentra en las grietas y estratigrafía de las montañas, tiene un tono rojo oscuro. Indica su nombre sitios donde hay asentamientos antiguos (es el color de las ruinas). Estos depósitos posiblemente fueron lugares de obtención de pigmentos.

Sacluum, tierra blanca, usada en la cerámica.

Kancab-kat, así se clasifican los sedimentos residuales de los barros. No tienen importancia para la agricultura.

Sascab, o arena caliza es usada en la agricultura porque tiene capacidad de absorber agua y mantener humedecida la superficie, se utiliza en la horticultura.¹⁶⁶

La información que proporciona Dunning nos hace sensibles a un hecho importante. Los colores del mundo que rodeaba a los antiguos habitantes estaban muy cercanamente vinculados con los fenómenos naturales. Estos, a

¹⁶⁶Dunning, N. Op. Cit. pp. 30-34.

su vez, eran la causa y la inspiración de la religión. Es importante tomar esto en cuenta porque en una mentalidad que se basa en la transformación simbólica de los hechos naturales para comprender y manejar el mundo, las sutiles diferencias en tonos de rojo, de negro, de café, eran significativas. Así como la tierra *ek-luum* proporcionaba el sustento fértil para la milpa, y las grietas rojas de los montes pigmento rojo oscuro como sangre, los pintores iluminaron de distinta manera los cuerpos de la nobleza palaciega y de los guerreros, dándoles el tono de rojo hematita solamente a personajes de importancia elevada, como es el caso de la cara del personaje al que se está vistiendo en el muro norte, registro superior del cuarto 1 de Bonampak, diversos tonos de café al resto de la gente, y un tono negro a los guerreros. No es el propósito de este trabajo proponer una interpretación simbólica del color, solamente hacer notar que en la técnica del color se encierra también la visión del mundo que dio lugar a la iconografía, y la simbología general de las representaciones.

El campo de la tecnología del color en el mundo maya es amplio y quedan muchas incógnitas por resolver. Por el momento es importante reconocer que es una verdadera empresa creativa y que tanto los colores fabricados a partir de minerales, como algunos rojos, los cafés y los siena, así como los pigmentos artificiales como el azul y el verde, fueron manufacturados por los artistas y que ello debió haber sido una tarea particular de un sector de artesanos. Es importante mencionar aquí que esta investigación abre la posibilidad de encontrar nuevos pigmentos artificiales fabricados al fijar una tinta orgánica sobre un sustrato inorgánico. El azul y el verde mayas se fabricaban al fijar índigo sobre paligorskita mediante un

proceso de calentamiento. El amarillo brillante muy probablemente fue hecho a partir de hervir kante' con la cal y así fijar el colorante. Algunos tonos de rojos debieron mezclarse con el tinte del chakté o del ahora llamado palo brasil. La lógica que sustenta esta mezcla puede provenir de la antigua tradición de teñido de fibras.

Epílogo

Durante el verano de 1996, Tatiana Falcón y la autora, impartimos un curso de pintura mural a pintores indígenas del "Grupo Artes Plásticas de los Altos de Chiapas", en San Cristóbal de las Casas. Así, la investigación que aquí presentamos se llevó a la práctica. De esta experiencia se desprenden varias conclusiones significativas. Lo más importante fue el trabajo con la cal. Logramos recolectar, en la región selvática de Margaritas, gracias al Biólogo Daniel Marner, corteza del árbol llamado en Chiapas corcho y en maya yucateco holol. Las tiras de este árbol desprenden una cantidad cuantiosa de goma al ser sumergidas en agua. El agua gomosa nos sirvió para apagar la mezcla de cal viva en polvo y sascab en proporción 1:1. el agua gomosa reaccionó con la cal viva y comenzó a incrementar su temperatura, expidiendo vapor durante media hora. La mezcla quedó líquida, con la consistencia de un atole. Al día siguiente era una masa pastosa. Durante 13 días consecutivos agregamos agua de holol a la mezcla de cal y sascab, la cual fue aceptando agua en menor cantidad conforme transcurrieron los días. Obtuvimos una masa densa y untuosa a la que agregamos otra proporción de sascab para tener la proporción recomendada de 2:1. Para el mortero rugoso agregamos partículas más grandes, y para el enlucido partículas muy finas.

Pudimos constatar que la pasta de cal, *sascab* y *holol* se comportó de manera óptima. Obtuvimos un soporte firme, sin grietas, y que tardó en secar seis días.

Fabricamos también nuestros colores recolectando pigmentos terrosos

en los alrededores de San Cristóbal de las Casas. Los colores fueron molidos en molcajete de piedra, cernidos y vueltos a moler sobre un vidrio plano y mano de vidrio esmerilada hasta obtener partículas finas y homogéneas. Preparamos nuestras suspensiones de color con un aglutinante hecho con goma de ciruelo, jocote en Chiapas. La goma se presenta en cúmulos redondos que al secar cristalizan y son factibles de ser molidos en polvo fino. Así, el polvo de goma de ciruelo se disolvió perfectamente en el agua de cal y holol, obtuvimos un medio con la viscosidad adecuada para formar buenas suspensiones de pigmentos, que podían tener la consistencia de una pintura de acrílico en pasta o líquida. El aglutinante hecho con ciruelo, holol y agua de cal, permite la preparación de suspensiones de color con densidades variadas, y al secar deja una capa satinada y resistente. Pudimos pintar con el muro humedecido durante seis días. Los detalles fueron realizados sobre el muro ya seco.

La experiencia permite afirmar que los materiales identificados mediante el análisis por CG/SM y mediante la lectura de documentos del siglo XVI y trabajos de etnohistoria del XIX y XX, son aptos para pintar y que se comportan como teóricamente se había esperado. El preparar la cal mezclando en seco las partes de sascab y polvo de cal viva, y apagar esta mezcla con agua de holol, verdaderamente es un proceso ejemplar. Se obtiene una pasta densa muy manejable, que retiene la humedad durante un tiempo considerable, y que al fraguar forma un sólido compacto y de gran dureza.

La goma de ciruelo se disuelve solamente en agua de cal, y forma un aglutinante viscoso con excelentes características de manejabilidad y de secado. Gracias al entusiasmo de Antún, Luis, Jesús, Mari y Aidée, logramos

realizar un mural con la técnica maya de pintura. El tiempo determinará el comportamiento de los materiales y su capacidad de permanencia.

Conclusiones

A través del estudio de la técnica pictórica de los murales mayas, se puede concluir que tanto la concepción, como las maneras de realizar materialmente dichas obras, son el resultado directo de una forma particular de entender, experimentar, e interpretar los elementos que ofrecía el entorno a los habitantes de la región. En este sentido, la técnica pictórica se revela como una manera de hacer y como una forma de pensar y percibir. Es decir, como una expresión concreta de la visión del mundo y de la relación que los pueblos mayas tuvieron con la naturaleza. Por ello, no es posible entender la manera con la que los mayas realizaron sus obras murales, comparando la técnica con los modos de proceder de los muralistas tradicionales europeos, como hasta la fecha se ha hecho. Para abrir el secreto de la plástica maya es necesario penetrar en el mundo de los pintores de entonces: en su cultura, en su geografía, en sus circunstancias. Es precisamente este el proceder que se ha seguido en la presente investigación, y los resultados obtenidos corroboran que no podemos catalogar *a priori* la pintura mural maya como un fresco o como un temple europeos y que estas categorías no explican nada por sí mismas.

Los pintores mayas se enfrentaron con condiciones ambientales muy específicas y tenían un bagaje cultural propio. Ambos hechos contribuyeron a la creación de una técnica pictórica original que se basa en la mezcla de la cal, tanto en pasta de hidróxido de calcio, como en solución (agua de cal), con gomas vegetales recolectadas en el bosque tropical.

Los antiguos mayas conocieron bien los efectos que las soluciones alcalinas tenían sobre ciertos materiales orgánicos a base de polisacáridos y celulosa. Por ejemplo, al sumergir el maíz en agua de cal, la solución de alta basicidad, ablanda los granos secos y se puede producir la masa de nixtamal con la que se elaboran distintos alimentos como tortillas y tamales. De igual modo, las fibras de la corteza de árbol son ablandadas con una solución alcalina, produciendo la exudación de una goma en el interior de la corteza y el ablandamiento de la celulosa. Este proceso permite el aplanar y consolidar los folios sobre los que se escribe y pinta.

El proceso de la cal sigue este mismo principio químico. Los resultados de laboratorio de análisis de 24 sitios con pintura mural, y la lectura de documentos del siglo XVI y trabajos de etnohistoria del XIX y XX, permiten afirmar que los mayas preparaban una solución de agua de goma de corteza (en maya yucateco agua de *holol*), la cual se vertía sobre la mezcla en seco del polvo de cal viva y *sascab*, y que así se apagaba la cal viva para transformarla en una pasta untuosa de hidróxido de calcio. Sabemos también, por referencias reportadas por Morris en 1931, que la pasta de cal, *sascab* y goma de *holol*, estaba lista para ser empleada en a pensar dos semanas.

Los azúcares (monosacáridos) liberados durante el proceso de apagado de la cal, en el cual la temperatura del agua sube hasta 300°C, tienen el efecto de incrementar la solubilidad de los óxidos de calcio y así poder formar una pasta bien hidratada de hidróxido de calcio. Por otro lado, la goma en solución alcalina, produce una suspensión coloidal que mantiene a los pequeños cristales de hidróxido de calcio en flotación. Este hecho tiene también efectos positivos para la hidratación de la pasta de cal, ya que de otra

forma los cristales se asientan en el fondo del agua y no se hidratan correctamente.

En resumen, la solución gomosa de goma de corteza (*holol*), tenía el efecto de formar una masa de hidróxido de calcio con propiedades adhesivas y de fraguado excelentes. El modo de fabricar cal en el mundo maya es sobresaliente. La transformación de las rocas calizas en una pasta untuosa, adhesiva y con gran resistencia mecánica no es nada fácil. Sabemos que en las tradiciones europeas, la cal permanecía sumergida en agua durante 3 años para conseguir la hidratación completa de los óxidos de calcio y así contar un buen cementante. En el mundo maya, en cambio, este proceso duraba a penas dos o tres semanas, generándose sin embargo, un cementante de estupenda calidad que ha sobrevivido en la selva, durante 1500 años.

Considero que este hecho representa un avance tecnológico de suma importancia. A esta misma conclusión (la adición de polisacáridos a la cal al momento de apagarla), que elaboraron los mayas hace 1500 años, ha llegado la industria moderna. En la actualidad los científicos han probado que la adición de azúcares, elementos constitutivos de las gomas vegetales, a la cal en el proceso de apagado, incrementa substancialmente la capacidad de hidratación de los óxidos de calcio y que ello tiene efectos positivos sobre las propiedades físicas y de resistencia mecánica de la pasta de cal y de la cal una vez que fragüe como sólido cristalino.

Esta práctica, de combinar las gomas vegetales de ciertos árboles, con la cal y el agua de cal, es la base de la técnica mural maya. Hemos podido constatar experimentalmente que la cal apagada en el agua gomosa de *holol* logra formar una pasta con propiedades adhesivas y de fraguado muy

buenas, y que el proceso dura, efectivamente, 13 días. La pasta de cal, *sascab* y agua gomosa en proporción 1 de cal por 2 de *sascab*, se aplica con gran facilidad al muro y una vez alisado con llana de madera tarda en secar 6 días. El tiempo de secado pudo haber sido mayor en la selva tropical debido a las condiciones de alta humedad relativa. La capacidad higroscópica y coloidal de las gomas vegetales ayuda a retener humedad y con ello se asegura un proceso de cristalización lento, lo cual es fundamental para la solidez y resistencia mecánica del cementante. Muy probablemente se debe a esta combinación de goma de corteza y cal, la durabilidad probada de los recubrimientos de cal en la arquitectura maya. La pasta que se forma permite así mismo el modelado con cal, hecho que influyó sobre el arte en estuco.

A través del rastreo de gomas vegetales empleadas por los habitantes de la región maya en el siglo XVI, así como a la búsqueda de términos en el diccionario de la lengua maya yucateca, se logró determinar que los técnicos de entonces reconocían cinco tipos de polisacáridos diferentes y que los clasificaban con palabras que describen su estado físico. Ello evidencia que sustentando a la técnica hay un método de observación y clasificación que podríamos llamar ciencia básica. Los mayas catalogaron sus polímeros naturales como: 1. *its*, exudados que cristalizan, 2. *holol*, corteza glutinosa, 3. *sats*, goma elástica, 4. *kuuk*, resina poco espesa y pegajosa, 5. *pom*, almáciga aromática.

De entre estos polímeros los empleados en la pintura mural son: el *holol* para apagar la cal y para hacer agua de cal y goma, las gomas cristalizadas *its*, las cuales se muelen en polvo y posteriormente se disuelven en agua alcalina (la mayor parte de estas gomas no son solubles en agua pura), para formar el

aglutinante de los pigmentos, y las gomas líquidas o *kuuk*, que como la de las orquídeas, pudieron haber servido como aglutinantes.

Las pinturas murales fueron hechas con base en estas gomas. Nuestros análisis de laboratorio por CG/SM confirman que tanto la goma de ciruelo, como la goma de orquídea, contienen glucosa, un monosacárido difícil de encontrar en otras gomas vegetales. Los análisis de pintura mural por el mismo método, reportan un contenido alto de glucosa. Los estudios complementarios por HPLC identifican a la proteína alanina como el aminoácido presente en mayor cantidad en las muestras de pintura mural. La goma de orquídea preparada según la receta prehispánica, a la que llamamos *Tzahutli*, contiene también gran cantidad de alanina.

Los estudios de CG/SM muestran que el aglutinante fue formulado con una mezcla de gomas y que no es una sola la que se encuentra en las capas pictóricas.

Con base en esto podemos proponer que tanto la goma de ciruelo (jocote en Chiapas), como la goma de orquídea, pudieron haber servido como aglutinantes del color de las pinturas murales mayas.

Los ciruelos de "esta tierra", como los llaman las fuentes del siglo XVI fueron y son, árboles que se cultivan en huerto. Sus frutos son comestibles, y los árboles, durante la época de secas al ser podados exudan mucha goma, formando cúmulos que al secar son fáciles de moler en polvo. Este polvo se disuelve bien en agua de cal y es un buen aglutinante para aplicar el color.

La goma de orquídea es difícil de procesar, requiere de una serie de pasos para poder extraer el aglutinante. Las fuentes del siglo XVI mencionan que la orquídea se preparaba como el aglutinante para pintar códices,

probablemente se empleara también para pintura mural.

Sin embargo, no podemos llamar a esta forma de pintar un "temple de goma" a menos que consideremos que las gomas empleadas no se disuelven en agua pura, sino en agua de cal. Este hecho cambia todo el proceder técnico porque las capas pictóricas, a pesar de estar aglutinadas con una goma vegetal, van a adquirir una resistencia frente a la humedad, que no es típica de los temples de goma. Podemos imaginar que como la goma que sirve de aglutinante para el color se tenía que disolver en agua de cal, probablemente se utilizaba el agua de goma de corteza y cal para disolver el aglutinante. De esta forma es posible explicar la presencia de una mezcla de gomas en las capas pictóricas.

La pintura mural maya basa su libertad plástica en el empleo de un aglutinante orgánico untuoso que permite pinceladas largas y densidades variables en las capas pictóricas. La escritura maya utiliza un medio aglutinante para generar el efecto móvil y caligráfico; los detalles del plumaje y las telas, los trazos finos y las transparencias con color blanco, todas estas soluciones plásticas estuvieron soportadas por una técnica pictórica que usa un aglutinante. Sin embargo, debido al tiempo que tarda la cal con goma en secar, y a que el aglutinante mismo se disuelve en agua de cal, los efectos de resistencia que poseen las capas de color, las asemeja al fresco.

En resumen la pintura maya es un técnica que no concibe el uso de la cal sin su contraparte orgánica. Los soportes están hechos con cal apagada en agua de corteza. La goma de corteza se hidroliza en este proceso y forma junto con el *sascab* un masa muy manejable con buenas capacidades de adherencia y de fraguado. Las capas pictóricas se aplican sobre el muro que

permanece fresco durante un tiempo considerable, y los pigmentos están suspendidos en una goma disuelta a su vez en agua de cal con goma de corteza. Las gomas usadas como aglutinante fueron probablemente la goma *its* de ciruelo, o goma *kuuk*, de orquídea. Las superficies del fondo y el primer tratamiento de las figuras se pintaron probablemente sobre un enlucido que permanecía húmedo. Los detalles se pintaron al seco completamente, y el aglutinante es el único medio para fijar el color sobre el muro.

En cuanto a la plástica y a la tecnología del color, el mundo de los pintores se ha revelado mucho más interesante y complejo de lo que a la fecha se ha mencionado. Como se ha planteado en el capítulo correspondiente, los pintores mayas formularon sus suspensiones de color de maneras diversas y con propósitos específicos. La pintura mural crea planos diferenciados de profundidad y acercamiento, lo cual en sí mismo es una idea de perspectiva, con base en el empleo yuxtapuesto de trasfondos con capas pictóricas muy transparentes que producen un efecto de inmaterialidad, contra los cuáles se pintan los cuerpos de las figuras, coloreados con pigmentos preparados en mezcla de pigmentos y la arcilla paligorskita desde la paleta. El efecto que esto tiene es el de generar superficies de color muy opacas, ya que los polvos dispersan la luz en todas direcciones. De esta forma los cuerpos aparecen como masas sólidas al frente, mientras que el tono transparente del fondo se pasa por detrás de las figuras.

Los artistas también generaron efectos de expresividad con capas de color en pasta. La superficie pictórica además de tener un color expresivo, tiene la textura que acompaña al color y genera movimiento. Otras veces se recurre al bruñido de la capa pictórica y se crea un efecto de densidad total.

Una característica importante a mencionar, es que la pintura maya utiliza el modelado al usar degradaciones de luminosidad para crear volúmenes. Posiblemente debido al manejo del color en densidades diferenciadas para generar el efecto de tridimensionalidad, es que los pintores no utilizan la línea de contorno negra para marcar el perímetro de las figuras. La línea se emplea para marcar los gestos de los rostros, la forma de las manos, o algún otro detalle de importancia expresiva.

En la representación de objetos inanimados que hacen parte de la indumentaria y atavío de personajes, se pone un gran empeño. Solamente en estos detalles se recurre a líneas caligráficas que dibujan con una suspensión espesa patrones y figuras fantásticas. También se trabaja con empeño los textiles y las plumas. Parece que todo esto se pintó sobre otra capa pictórica subyacente, es decir, una vez que la composición total estaba terminada. Probablemente ello indique que una mano más experta estaba encargada de concluir la obra, dándole el aspecto que debía tener al terminar.

Los análisis por difracción de rayos-X, y las fotografías al microscopio óptico y de barrido, pusieron en evidencia una cantidad de pigmentos inmensa. Los sitios del Clásico llegan a tener hasta 28 pigmentos diferentes. Durante este tiempo la fabricación de pigmentos es una actividad local. Cada sitio presenta su peculiaridad. Durante el Posclásico esto cambia radicalmente. La paleta colorística se reduce a cinco tonos básicos que comparten todos los murales por igual. Muy probablemente los polvos de color se comercializaban en el área de la costa oriental.

La mayor parte de los colores son de origen mineral. Los colores a base de óxidos de hierro como el ocre amarillo, y rojo, los tonos de café, pueden ser

calentados en el comal para producir tonalidades variadas. A mayor temperatura, mayor intensidad, o bien oscuridad del tono. El rojo hematita debió haberse extraído de alguna mina por la pureza del material encontrado en las muestras analizadas. Posiblemente provenga de la región con rocas extrusivas de la Península, es decir, del sur de Guatemala.

Los colores azul y verde representan un alcance técnico fundamental en el mundo del arte. Son pigmentos de una versatilidad asombrosa, y a pesar de ser un compuesto orgánico-inorgánico artificial, poseen una gran estabilidad a la luz y a la temperatura. Cada color, el azul y el verde, produce hasta 5 variantes en matiz y luminosidad. Su fabricación implica el conocimiento profundo de los tintes orgánicos y de los minerales, ya que el pigmento se fabrica fijando el tinte extraído de las hojas frescas de la planta de índigo, sobre la arcilla blanca paligorskita, en maya yucateco *sak'lu'um*.

Se deriva de los estudios la posibilidad de que exista un pigmento de la misma naturaleza de color amarillo. Los Lacandones siguen fabricando un color amarillo con la corteza y raíz del Kante'. que fijan sobre la cal que producen al calcinar los caracoles de río. La cal se apaga en la tinta amarilla y al hidratarse absorbe el colorante. Otro pigmento de naturaleza artificial, orgánico-inorgánico, podría ser el rojo que se obtenía del Chacté. Esperamos que algún investigador retome el tema de los colores amarillo y rojo y de este modo podamos conocer mejor el mundo del color del pueblo maya.

Hemos podido constatar que el estudio de la técnica pictórica, como el de cualquier otra forma de tecnología pre-industrial, tiene tres elementos constitutivos. Por una parte, la técnica es la expresión de las capacidades humanas para manejar el entorno y poder crear un ámbito que le permita al

hombre desarrollarse y sobrevivir dentro de la naturaleza. De esta forma, la tecnología posee una dimensión "poética" como lo expresa Henry Glassie: le enseña al hombre su lugar en el mundo y lo instruye con el sentido de sus capacidades. En otro aspecto la técnica presupone una serie de conocimientos acerca de los materiales basado en la observación y la experimentación, es decir, revela un nivel de ciencia. Por último, la técnica como herramienta de transformación es el reflejo de una determinada organización social.

Considero que el conocimiento de la técnica pictórica mural maya permite una mejor comprensión artística e histórica de los murales mayas, y va a posibilitar su mejor conservación, ya que los restauradores podremos emplear la lógica de los técnicos mayas, y los materiales que usaron para intervenir los monumentos en sitios arqueológicos. De este modo se respeta la integridad de las obras y se emplean métodos que el mismo tiempo ha probado como los más eficaces para las circunstancias específicas. El haber rescatado el legado de conocimientos de índole práctico y conceptual que los grupos de artistas y técnicos fueron acumulando a través del tiempo es extender nuestras propias raíces, hacerlas más profundas y así recobrar la continuidad cultural que sirve de base para un mejor presente.

Bibliografía

- Arnold, Bruce, Bhor, "Attapulgitite and Maya Blue, an ancient mine comes to light", en Archaeology, vol.28,num.1, January 1975, pp.23-29
- Barrera Rubio, Alfredo, "Catálogo arqueológico-arquitectónico", en Lombardo, Sonia, La Pintura Mural de Quintana Roo. INAH, 1987.
- Beas, María Isabel, Traditional Architectural Renders on Earthen Surfaces, Tesis, Graduate Program in Historic Preservation, University of Pennsylvania, 1991.
- Boynton, Robert. Chemistry and Technology of Lime and Limestone, Interscience Publishers, John Wiley and Sons, New York, 1966.
- Cennini, d'Adrea Cennino, The Craftsman Handbook, Trad. Daniel Thompson, Dover publications, New York, 1960.
- De Como Hacías sus Pinturas los Indios de la Zona Maya y Otras Noticias, Ms. Meade de Angulo Mercedes, investigación y paleografía, Documento encontrado en los Fondos Virreynales del Archivo del Centro de Historia de México CONDUMEX.
- Diccionario Maya Cordemex, edición de Alfredo Barrera Vásquez, Mérida, Yucatán: Cordemex, 1980,
- Dunning, P. Nicholas, Lords of the Hills: Ancient Maya Settlement in the Pucc Region" Monographs in world archaeology 15, Prehistory Press, 1992.
- Espinosa, Agustín, Bonampak, Citybank-CityCorp, México 1988.
- Ferragani, Forti, Malliet y Torraca, "Tecniche di conservazione degli intonaci", en, L'Intonaco, Storia, Cultura e Tecnologia. Atti del Congresso di Studi, Roma, 1985, pp.328-333.
- Glassie, Henry, "Vernacular Architecture and Society", en, Material Culture,

Vol. 16, NO. 1, 1984, p.10.

-----"Meaningful Things and Appropriate Myths: The Artifact's Place in American Studies" en, Prospects III, 1977, pp.4, 33

Hanau, Kléber, Masschelein-Kleiner, Thissen y Tricot-Marckx, "Les Peintures Murales Mayas de Bonampak Analyse des Materiaux", en Institute Royal de Patrimoine Artistique, Bulletin IX, 1966, pp.114-120.

Hansen, Eric, Richard Hansen y M. Derrick, en "Los Análisis de los estucos y pinturas arquitectonicos de Nakbe: resultados preliminares de los estudios de los métodos y materiales de producción" VII simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, julio 18-22, 1994.

Hernández, Francisco, Historia de las Plantas de la Nueva España, Tomo II, UNAM, 1943.

Kubler, George The Art and Architecture of Ancient America, The Pelican History of Art, Penguin Books, (3 ed), 1984.

Landa, Fray Diego de, Relación de las Cosas de Yucatán, Editorial Dante, Mérida, 1992.

----- Fray Diego de, Relación de las Cosas de Yucatán, Edicion de Pedro Robledo, México D.F. 1938.

Littmann, Edwin, R., Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters, and Stuccos: The Use of bark extracts in Lime Plasters, en, American Antiquity, Vol 25.No.4, 1960, pp.593-596.

Lombardo, Sonia, La Pintura Mural de Quintana Roo, INAH, 1987.

López Austin, Alfredo, Cuerpo Humano e Ideología, Tomo I, UNAM, 1989.

Maldonado-Koerdell, "Geohistory and Paleogeography of Middle America", en Handbook of Middle American Indians, vol I. Texas University Press, 1964, pp.5-6.

MacKinnon, Jefferson y Emily M. May, "Small-scale Maya Lime making in

Belize, ancient and modern" en, Mesoamérica, 1, 1990, pp.197-203.

Magaloni, Diana, Metodología de Análisis de la Técnica Pictórica Mural Prehispánica: El templo Rojo de Cacaxtla, INAH, Colección Científica, 1995.

----- *et al.* "El Espacio Pictórico Teotihuacano: Tradición y Técnica" en Beatriz de la Fuente, La Pintura Mural Prehispánica en México: Teotihuacán. Tomo II Estudios, IIE-UNAM, en prensa.

Matteini, Mauro, "Investigations diagnostiques pour l'etude et la conservation des peintures murales", en Analyses et Conservation d'Oeuvres d'Art Monumentales, R. Pancella, (editor). Lausanne: Laboratoire de Conservation de la Pierre-EPFL, 1995, pp.37-50.

Martínez, Maximino, Catalogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas, FCE, México, 1987.

Martínez-Cortéz, Fernando, Pegamentos, Gomas y Resinas en el México Prehispánico, Resistol, México, 1970.

Mateos, Frida. Técnica y Materiales de los Relieves Polícromos y la Pintura Mural de Toniná, Chiapas, Tesis de Licenciatura ENCRM-INAH, 1994.

Miller, Arthur, "The Maya and the Sea, trade and cult at Tancah and Tulum, Quintana Roo, México", en The Sea in the Precolumbian World, Dumbarton Oaks, Washington D.C., 1974.

Mora, Paolo, L. Mora y P. Philippot, Conservation of Wall Paintings, Butterworths, 1984.

Morris, Earl, H. J. Charlot y A. Morris, The Temple of The Warriors at Chichen Itza, Carnagie Institution of Washington. 1931.

Proyecto Na Bolom, San Cristóbal de las Casas, "Técnicas tradicionales de artesanía", copia mecanografiada, agosto de 1996.

Redfield, Robert y Alfonso Villa, Chan Kom a Maya Village, Carnagie Institution of Washington, Washington D.C., 1934, pp.54-55.

- Relaciones Geográficas de Yucatán, edición de Mercedes de la Grarza, UNAM, México, 1980.
- Relaciones Geográficas del Siglo XVI: Guatemala, Tomo 1, René, Acuña (editor), UNAM-IIA., México, 1982.
- Reyes Valerio, Constantino, El Azul Maya: de Templo Mayor a Bonampak, Siglo XXI, México, 1993.
- Roys, R.L. The Book of the Chilam Balam of Chumayel, (1933), University of Oklahoma Press, 1973.
- , The Political Geography of the Yucatan Maya, Carnegie Institution of Washington, Pub.613, Washington D.C.,1957.
- , L. The Ethnobotany of the Maya, Middle American research Series, Pub. 2. New Orleans, 1931, pp.238-239
- Ruiz de Alarcón, Hernando. Treatise on The Healthen Superstitions and Costumes That Today Live Among the indians Native of this New Spain, 1629, Trad. Náhuatl-Inglés de Andrews, Richard y Ross Hassing, Oklahoma University Press, 1984.
- Ruppert, Karl, Thompson, Proskuriakoff, Bonampak, Chiapas, Carnegie Institution of Washington, 1955.
- Satterthwaite, Linton, Piedras Negras Archaeology: Architecture, part.1, Introduction, Universit Museum, University of Pennsylvania, 1943.
- Singer, Marie-Odile Marion, Los Hombres de la Selva: un estudio de tecnología cultural en medio selvático, FONCA-INAH, Colección Regiones de México, 1991
- Staines, Leticia, "Los Murales mayas del Posclásico", en Arqueología Mexicana, Vol III. No. 16, INAH, 1996.
- Stephens, John, En Busca de los Mayas: Viajes a Yucatán, (trad.) Justo Sierra, Editorial Suesta.

Steggerda, Morris, Mayan Indians of Yucatan, Carnegie Institution of Washington, 1941.

Tentori, Tullio, La Pittura Precolombina, Colección *Grandi Civiltà Pittoriche*, Società Editrice Libreria, Milano, 1961.

Thompson, E.H. People of the Serpent, Life and Adventure Among the Mayas, Houghton Mofflin Co. The Riverside Press Cambirdge, New York, 1932.

Tozzer, Alfred, A Comparative Study of The Mayas and The Lacandones, Archaeological Institute of America, The Macmillan Company, London, 1907. p., 51.

Twilley, J. "The Analysis of Exudate Plant Gums in Their Artistic Applications: an Interim Report" en Archaeological Chemistry III, Advances in Chemistry Series 205, 1984, pp. 357-394

Uriarte, Teresa, "El Legado de la Ciudad de los Dioses", en México en el Mundo de las Colecciones de Arte, Tomo I. Mesoamérica, SRE, CONACULTA, UNAM. 1994.

Van Olphen, "Maya Blue, a Clay-Organic pigment?", en Science, (Nov. 1966), Vol. 154, p. 643

Vázquez del Mercado, Ximena y Mercedes Villegas Los Estucos Modelados del Palacio y del Templo de las Inscripciones de Palenque: Una Metodología de Análisis para la Técnica de Manufactura. Tesis de restauración de Bienes Muebles, Escuela Nacional de restauración Conservación y Museografía, INAH, 1993.

Villagra, Agustín, Bonampak, La Ciudad de los Muros Pintados, INAH.

West, Robert, "Surface Configuration and Associate Geology of Middle America", en Handbook of Middle American Indians, Vol. I. Texas University Press, 1964.

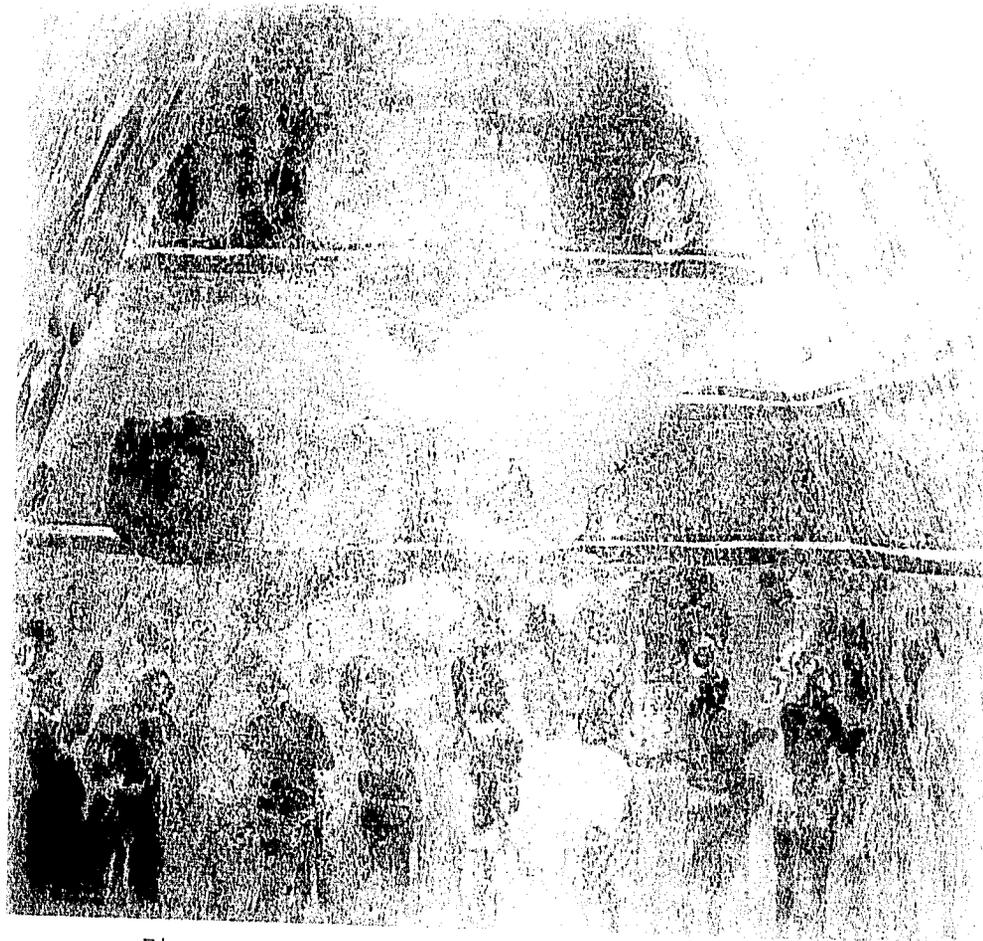


Figura 1. Bonampak, Bóveda pintada, cuarto 1.

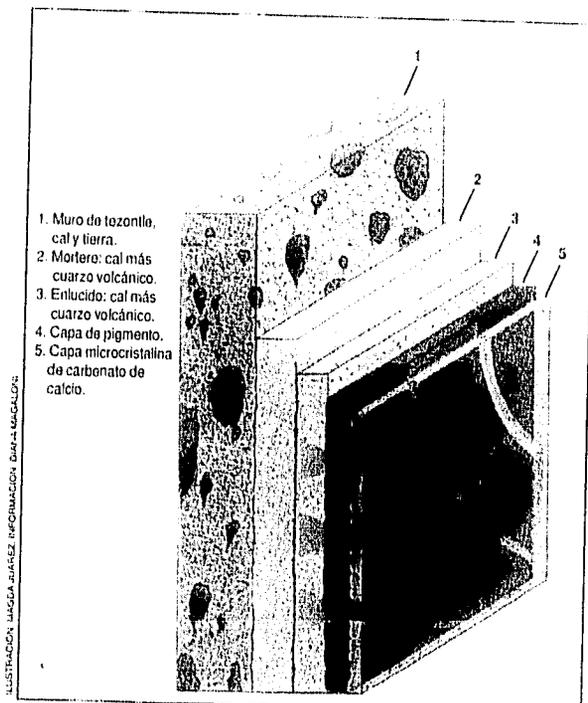


ILUSTRACIÓN: MAGDA JUÁREZ. INFORMACIÓN: DIANA MAGALÓN.

Proceso de aglutinación del color. Técnica al fresco; el hidróxido de calcio se desplaza hacia la superficie. Teotihuacán.

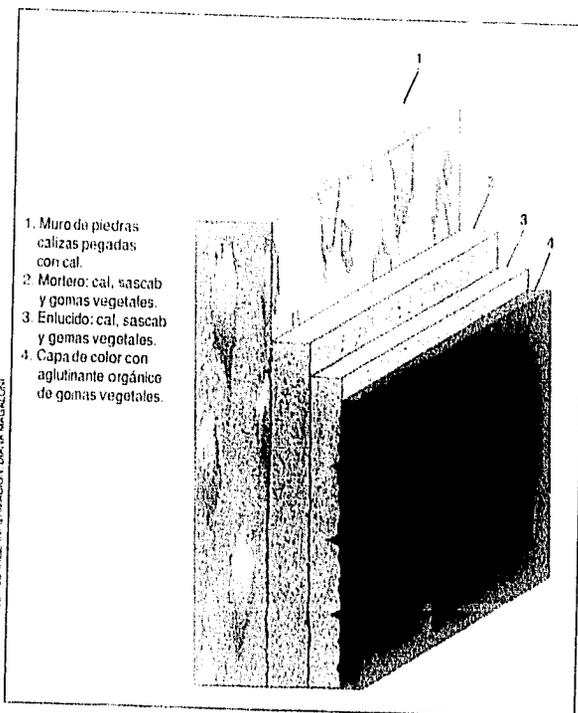


ILUSTRACIÓN: MAGDA JUÁREZ. INFORMACIÓN: DIANA MAGALÓN.

Proceso de aglutinación del color. Técnica al seco; el aglutinante penetra en el enlucido. Área maya.

Figura 3. La estratigrafía de la pintura mural. Un ejemplo de técnica al fresco (Teotihuacán), otro al seco (área maya). (tomado de *Arqueología Mexicana*).

Area Maya

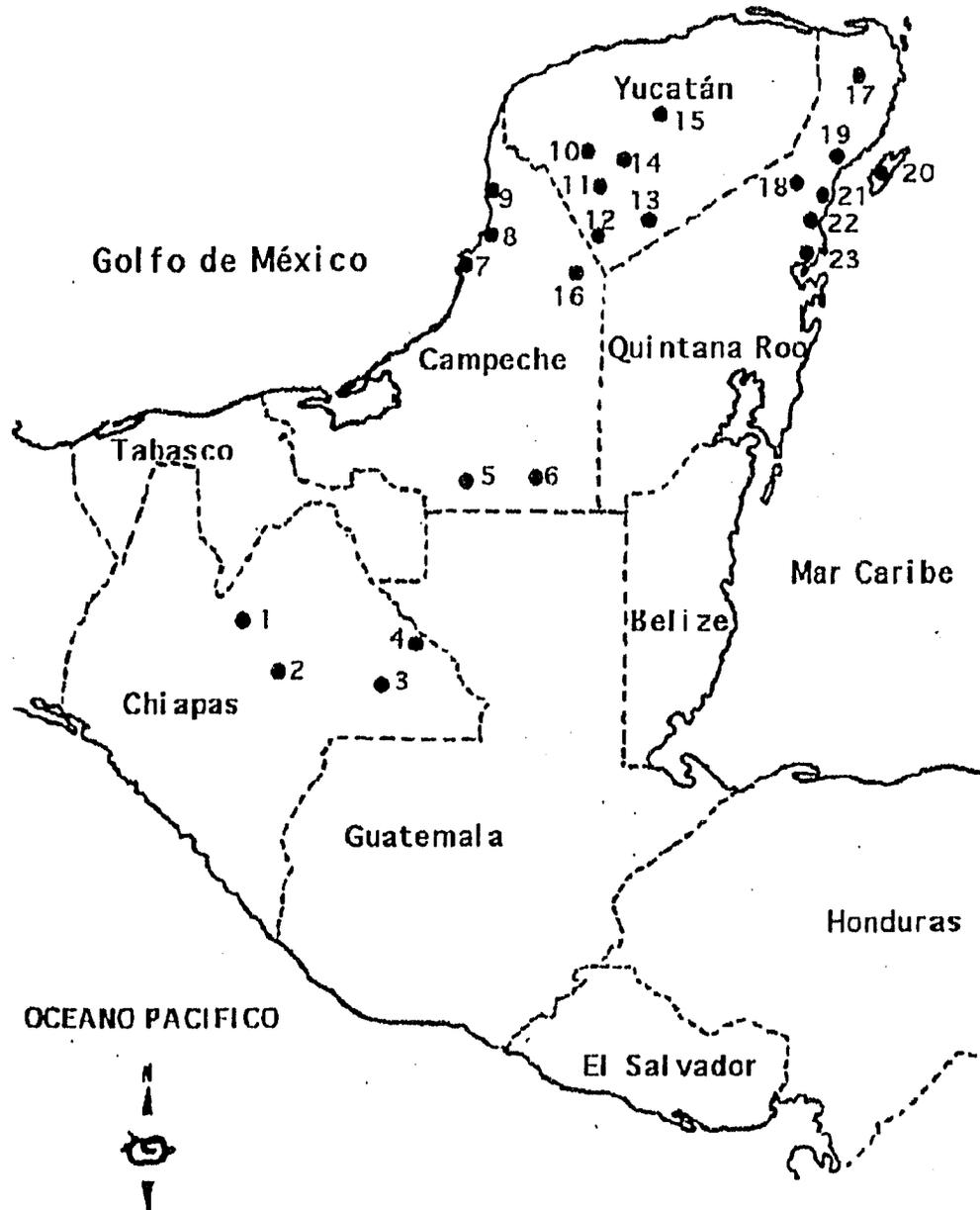


Figura 2. Sitios estudiados: 1. Toniná, 2. Palenque, 3. Bonampak, 4. Yaxchilan, 5. Balamku, 6. Chicaná, 7. Chelemí, 8. Ichmac, 9. Xuelen, 10. Uxmal, 11. Kabah, 12. Sodzil, 13. Dzúlá, 14. Chacmultún, 15. Chichen Itzá, 16. Dzibilnocac, 17. San Angel, 18. Cobá, 19. Rancho Ina, 20. San Gervasio, 21. Xelha, 22. Tanchah, 23. Tulum.



Figura 4. Fotografía en la lupa Binocular. Hojuela de pintura verde maya que se sostiene sin necesidad de soporte. Ichmac. 32X.



Figura 5. Personaje de Bonampak, cuarto 1.



Figura 6. Personaje de Ichmac.



Figura 7. Enmascarado de Bonampak, cuarto 1.



Figura 8. Detalle de tocado en blanco translucido y denso.
Bonampak, cuarto 1.



Estructura P-1, La Casa Azul, fachada oriente. Rancho Ina,
Quintana Roo.

Figura 9. Ejemplo de pintura del Posclásico. (Tomada de Arqueología Mexicana).

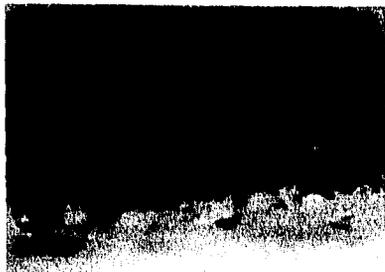


Figura 10.MO., Chacmultún, 100X.Capa 1. rojo hematita.
Capa 2.azul maya. Capa 3. soporte de cal.



Figura 11.MEB., Chacmultún, TERD, 400X.



Figura 12. MO. Chacmultún,
reacción positiva de la Fuschina S
en el mortero (capa 4 figura 11).

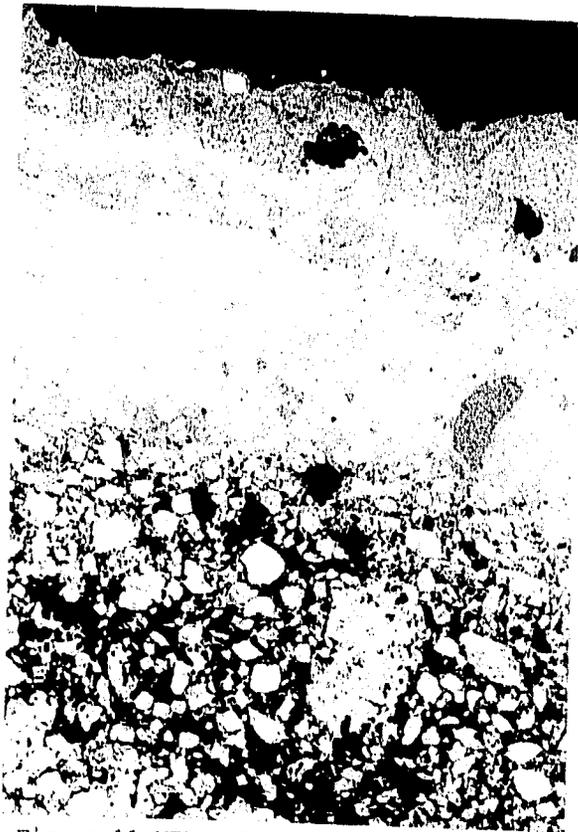


Figura 11.MEB., Chacmultún, IERD, 400X.

1. MgOH costra

2. Pigmento Fe^{+} [blanco]

- sascab

3. Entucido de cal compacto

- carbono [c]

sascab

- $CaCO_3 + Mg + Si$

$CaCO_3$

4. mortero con materia orgánica [negro]

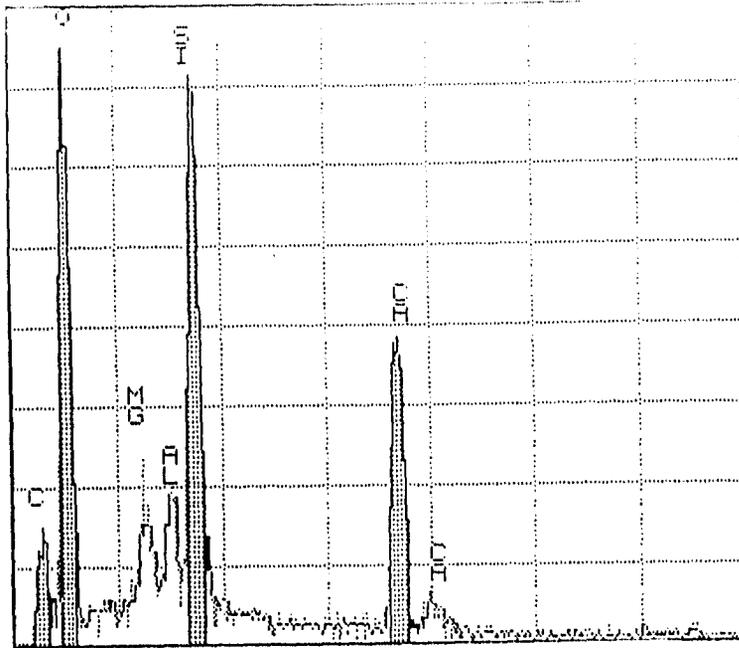


Figura 11b. Análisis elemental en el MEB.
 Areas 2 y 3 (foto 11). 5000X 10KV.

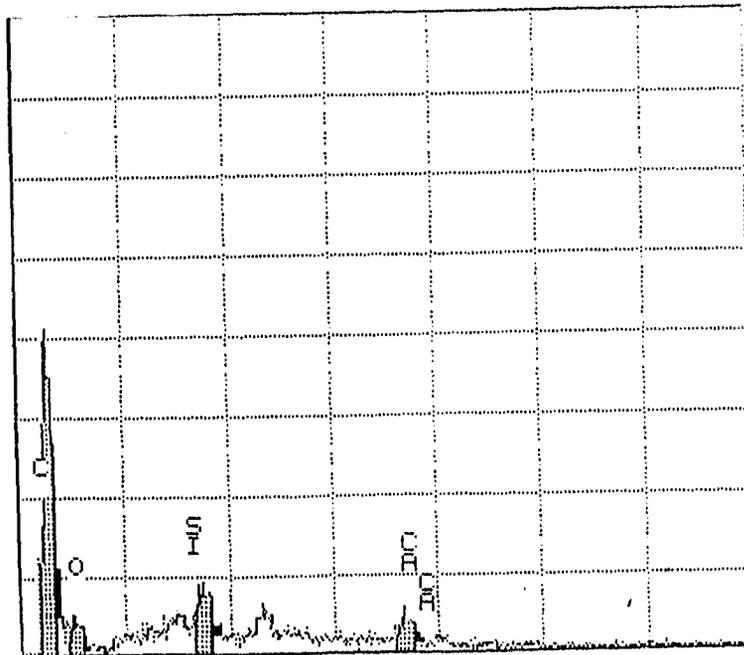
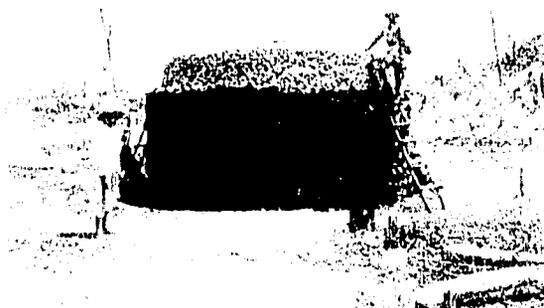


Figura 11c. Análisis elemental en el MEB.
 Area 4 (foto 11). 5000X 10KV. A notar el
 alto contenido de carbono (C).



a con troncos de Chakah de manera radial se construye el cilindro para quemar la roca caliza. b. cilindro de madera y roca caliza en el suelo.



c. la roca caliza trozada se acomoda sobre el cilindro.



Figura 13. Proceso de quema de la cal en horno abierto. Tomado por Morris en 1931.

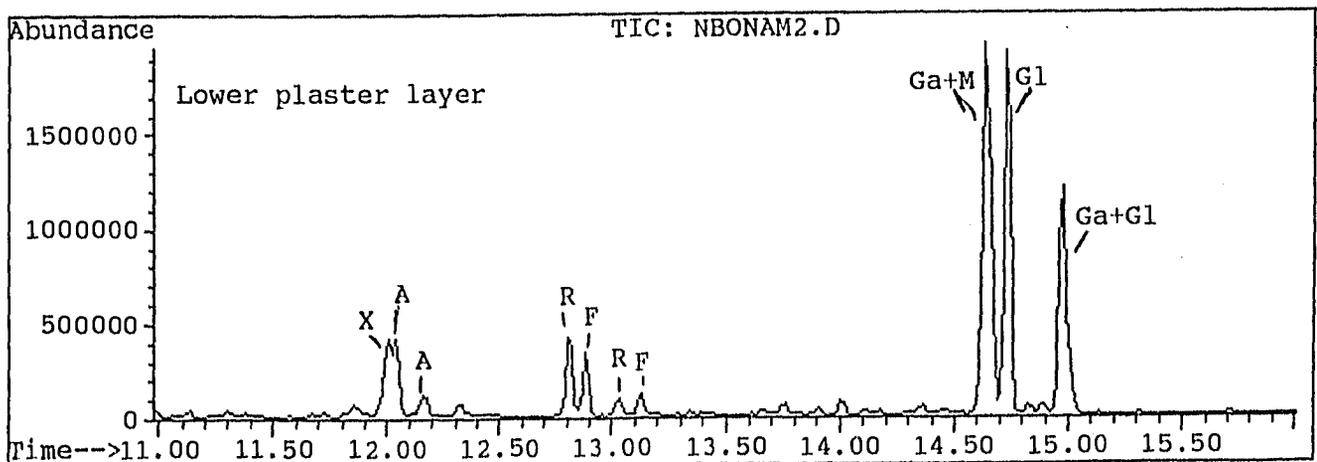
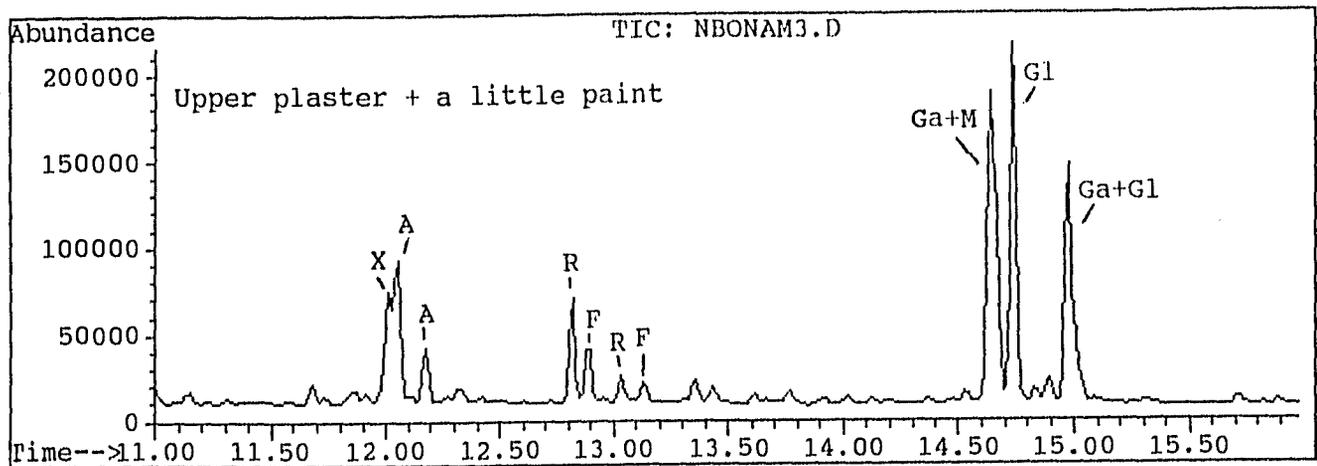
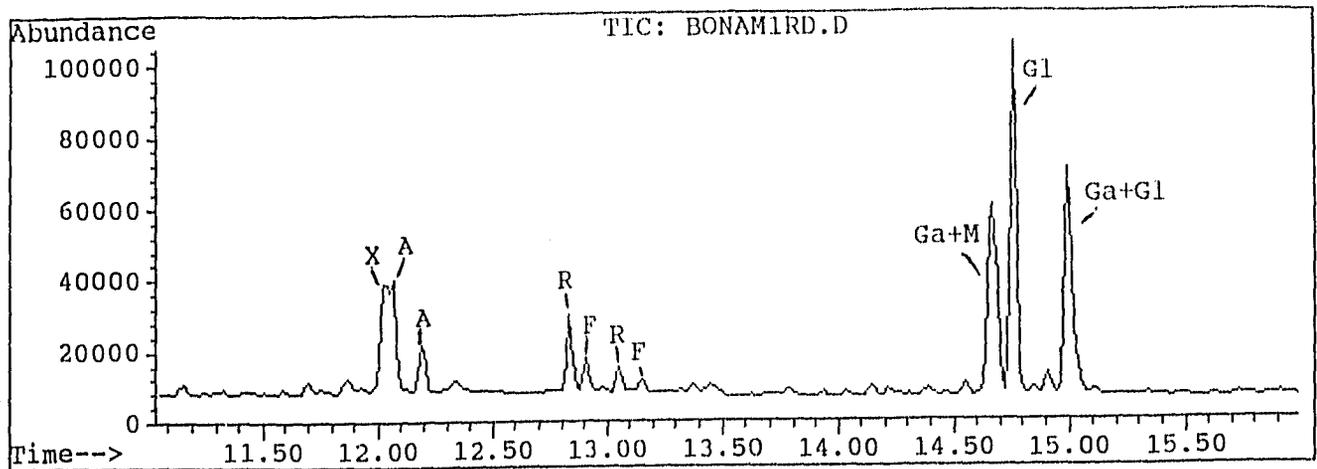


Figura 14. Espectro por CG/SM de monosacáridos en la estratigrafía de una muestra de Bonampak.
 (X) xilosa, (A) arabinosa, (R) rahmnosa, (F) fucosa, (Gal) galactosa, (Glu) glucosa. La muestra se dividió mecánicamente en: 1.capa pictórica, 2.enlucido fino 3.mortero rugoso.

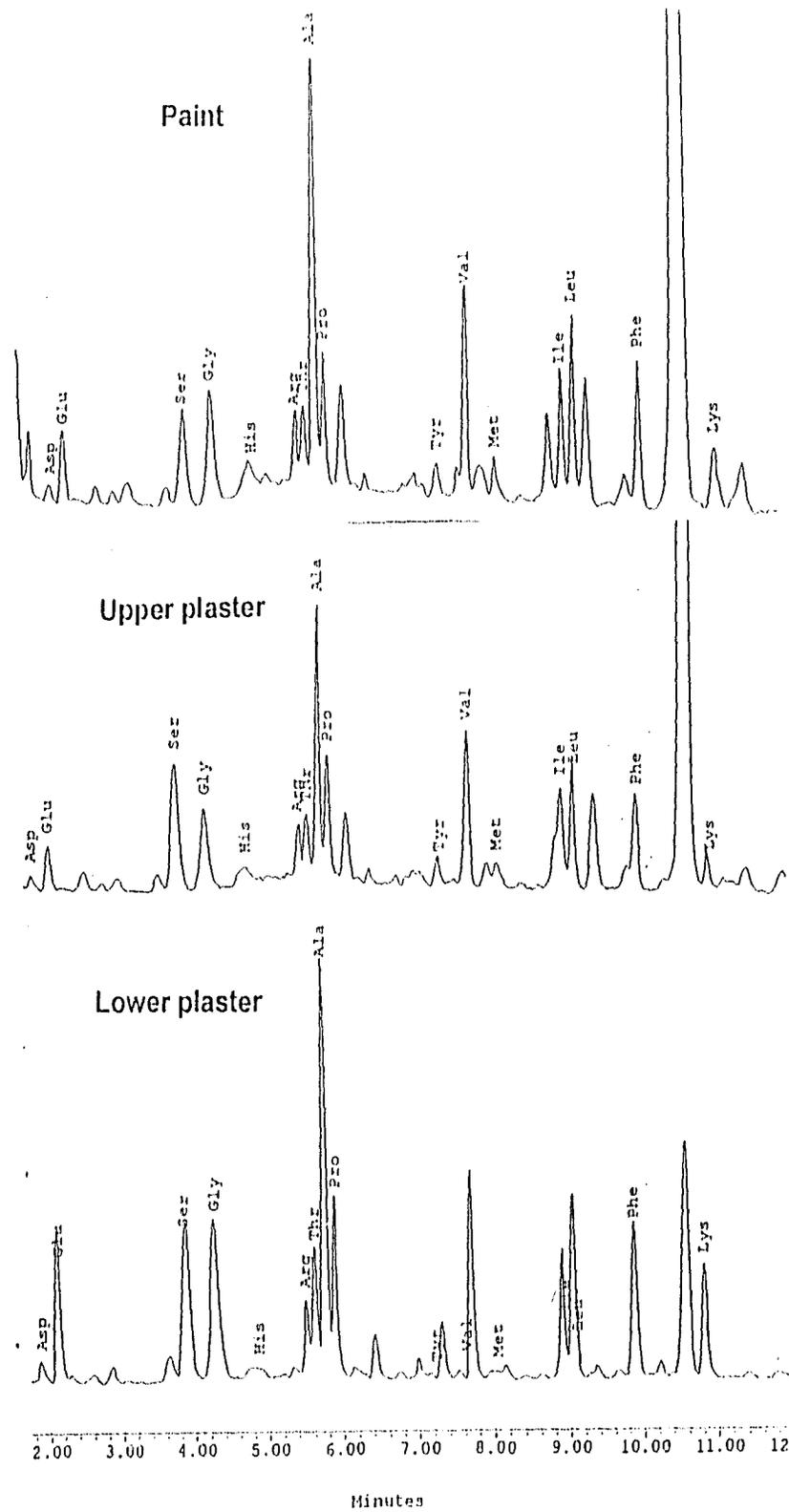


Figura 15. Espectro por HPLC de aminoácidos asociados a los monosacáridos en la estratigrafía de Bonampak. Los aminoácidos detectados son: (Ser) serina, (Gly) glicina, (Arg) arginina, (Thr) Threonina, (Ala) alanina, (Pro) prolina, (Tyr) tirosina, (Val) valina, (Ile) isileusina, (Leu) leucina. Las muestras contienen trazas de hidroxiprolina.

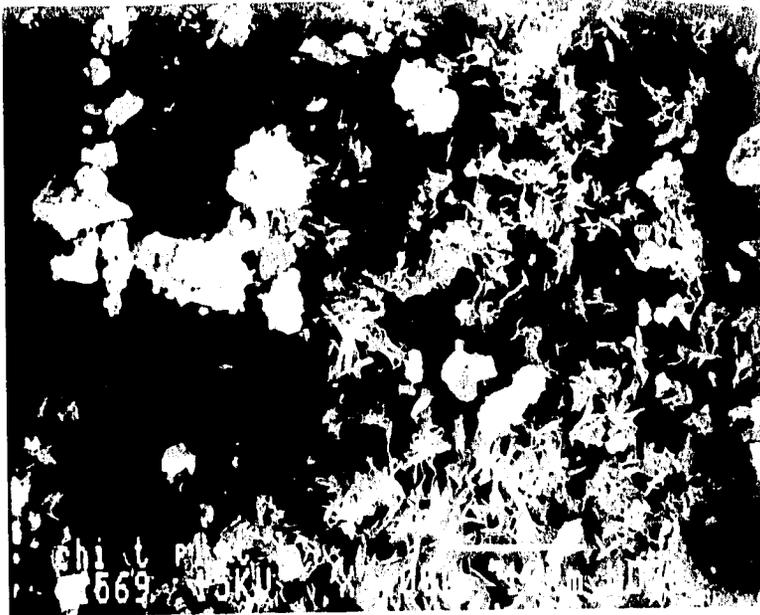


Figura 16. SEM. Cálculo.
Cristales de calcita
2000X.



Figura 17. SEM. Cálculo.
Cristales de calcita
2000X.



Figura 18. SEM de alta
calcita IES, 8000X.

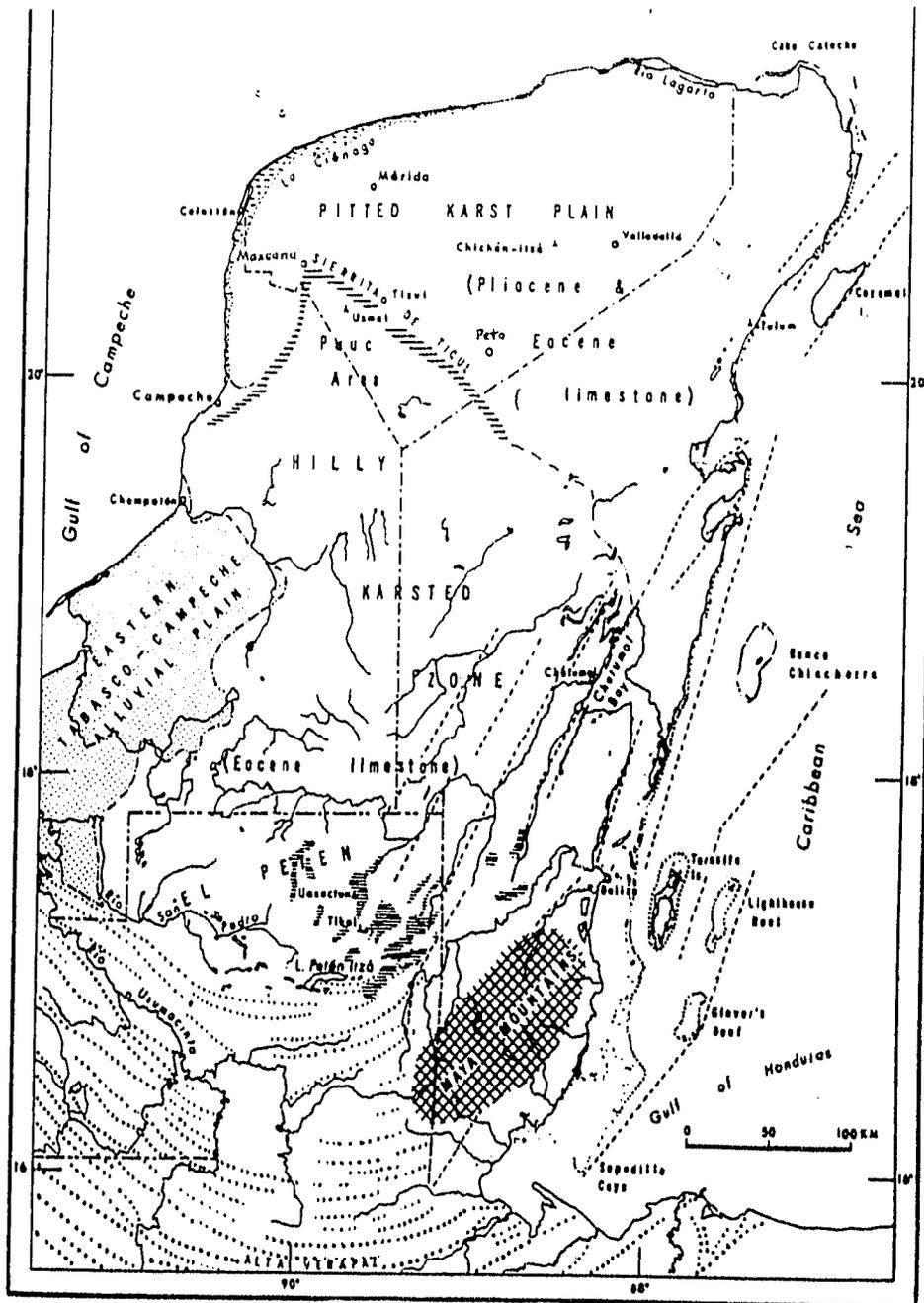


Figura 19. Mapa de superficie de la Península de Yucatán tomado de Robert West.

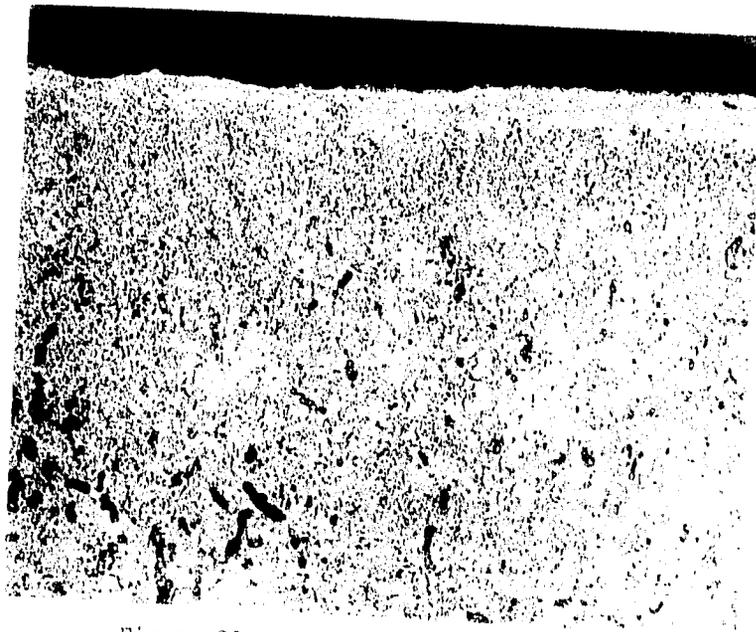


Figura 20. MEB. Dzulá, IERD, 100X. Grupo 1.

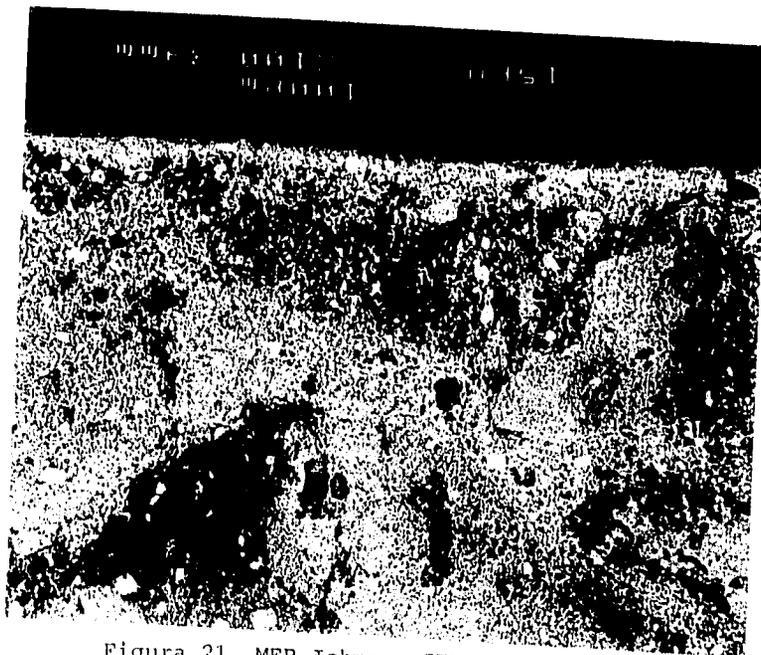


Figura 21. MEB Ichmac, IERD, 100X. Grupo 1.



Figura 22. MEB, Chacmultún, IERD, 100X. Grupo 2.

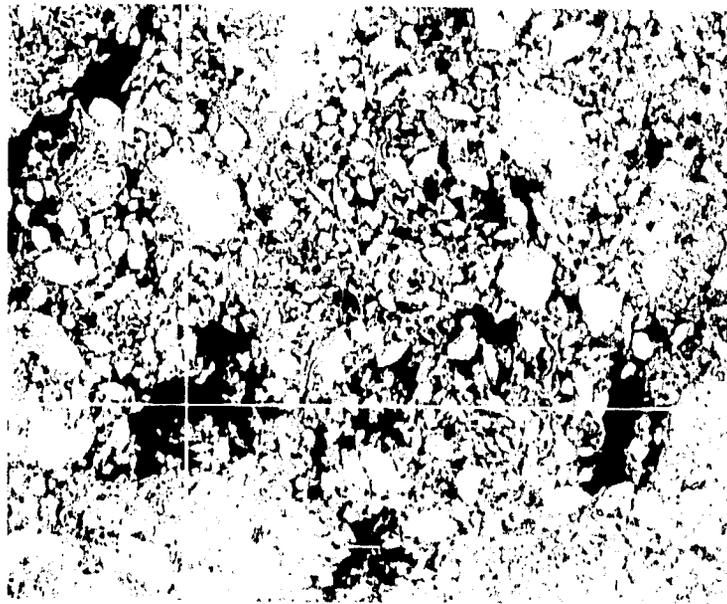
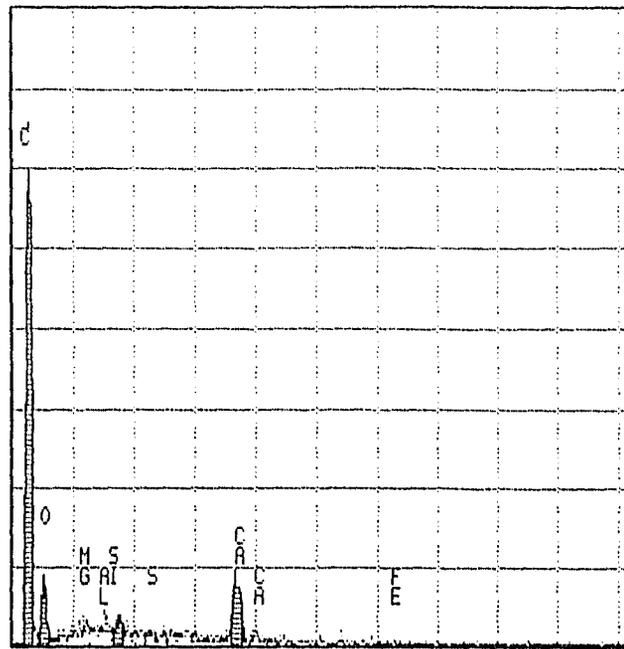


Figura 22b. MEB, Detalle de mortero en Chacmultún IES 4500X. el área negra tiene un alto contenido de carbono (C).



0.000

WFS = 128 10.240

60

OVERALL DARK PHASE SPOT15KV

Figura 22 c. Espectro de análisis elemental en el MEB de área negra en figura 22.4500X

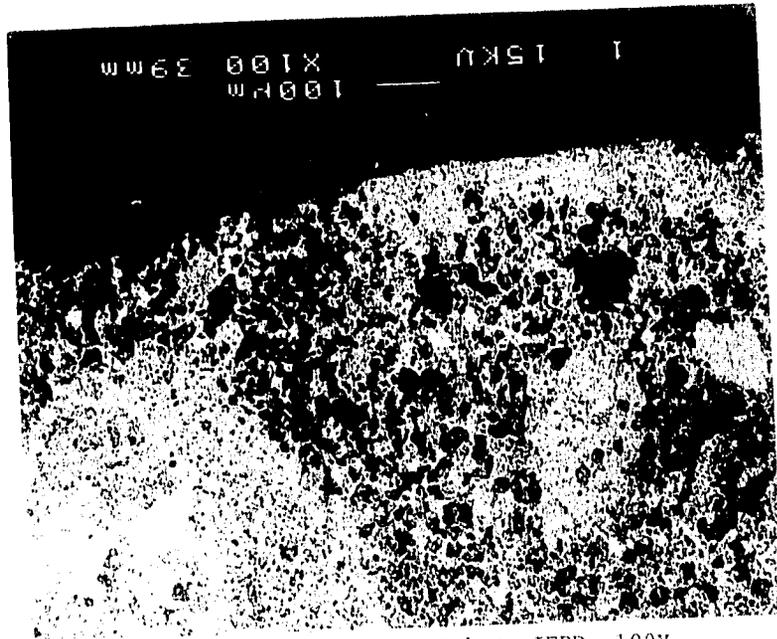


Figura 23. MEB. Tulum, IERD, 100X.

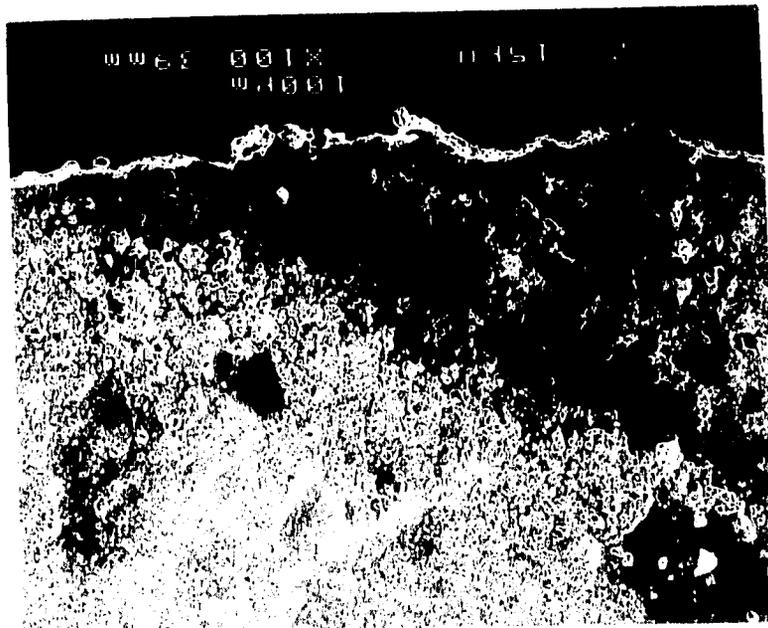


Figura 24. MEB. Tulum, IES, 100X. Se observa la porosidad de la muestra por las áreas con brillo y la blandura del enlucido en la zona oscura en donde el pulimiento de la muestra dejó una marca transversal en gris.



Figura 25. MEB. Tulum, análisis de fase blanca clara (partícula de sascab). IERD, 8500X.

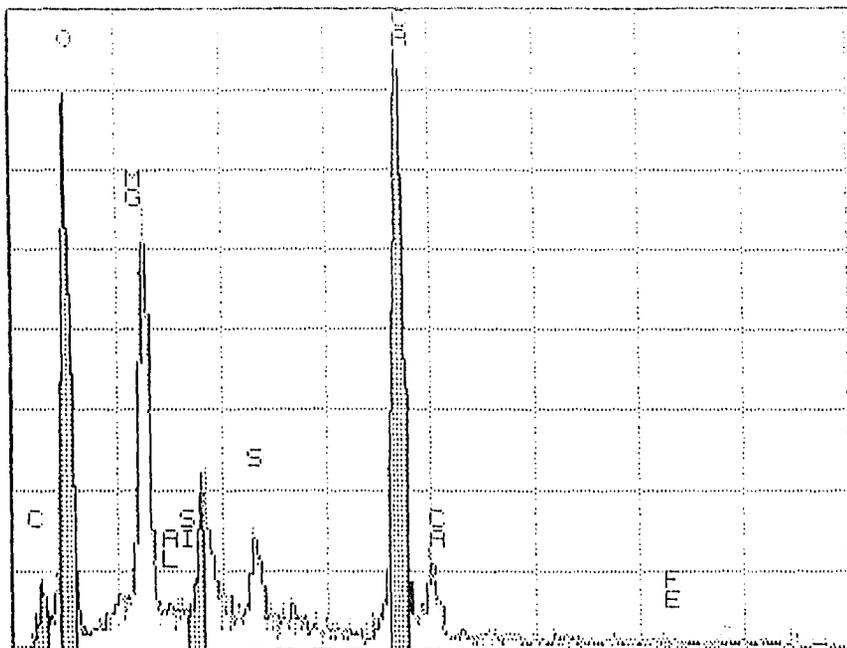


Figura 25b. Espectro de análisis en el MEB correspondiente. 8500X 15KV. Es posible observar el contenido de magnesio (Mg), de calcio (Ca) y de silicio (Mg).

File : C:\HPCHEM\1\DATA\BONAS1.D
Operator :
Acquired : 30 Apr 93 11:47 am using AcqMethod SUGARS1.M
Instrument : MS_5971
Sample Name: Bonampak paint (1) sugars
Misc Info : Hydrol., 30ul lab-STOX/10ul TMSI
Vial Number: 1

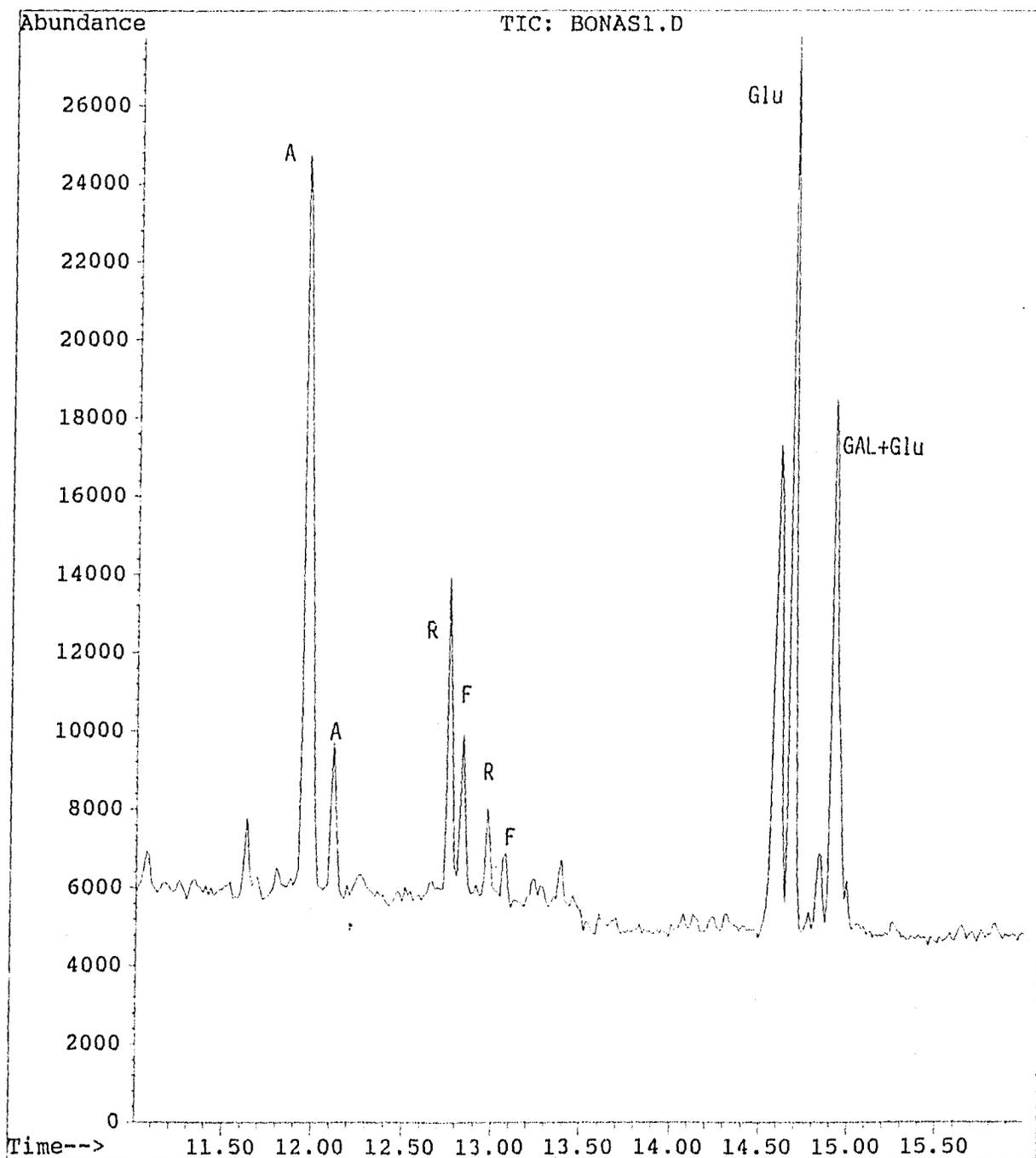
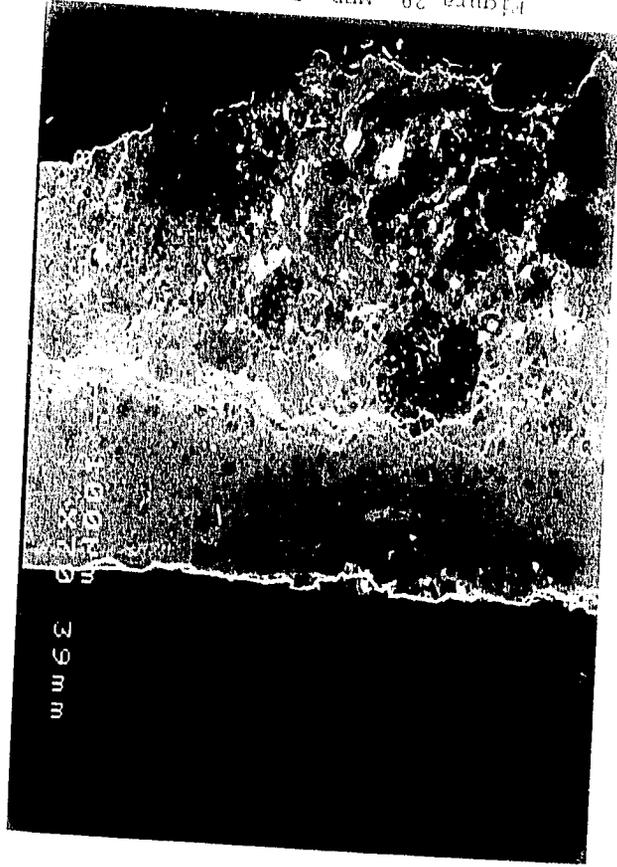


Figura 27. Espectro por CG/SM de monosacáridos en la estratigrafía de muestra de Bonampak. (X) xilosa, (A) arabinosa, (R) rahnrosa, (F) fucosa, (Gal) galactosa, (Glu) glucosa.

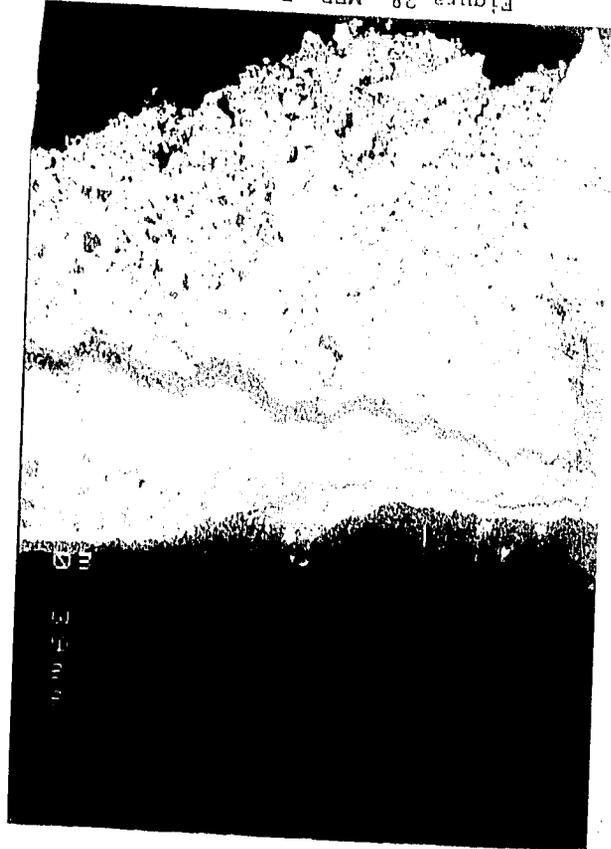
Figura 29. MEB. Bonampak, IES, 70X.



— capa 2.

— capa 1.

Figura 28. MEB. Bonampak, IERD, 70X.



— capa 6. mortero [1]

— capa 5. costra de m-0H

— capa 4. mortero [2]

— capa 3. enlucido [3]

— capa 2. pigmento amarillo Fe

— capa 1. costra de H₂O/H

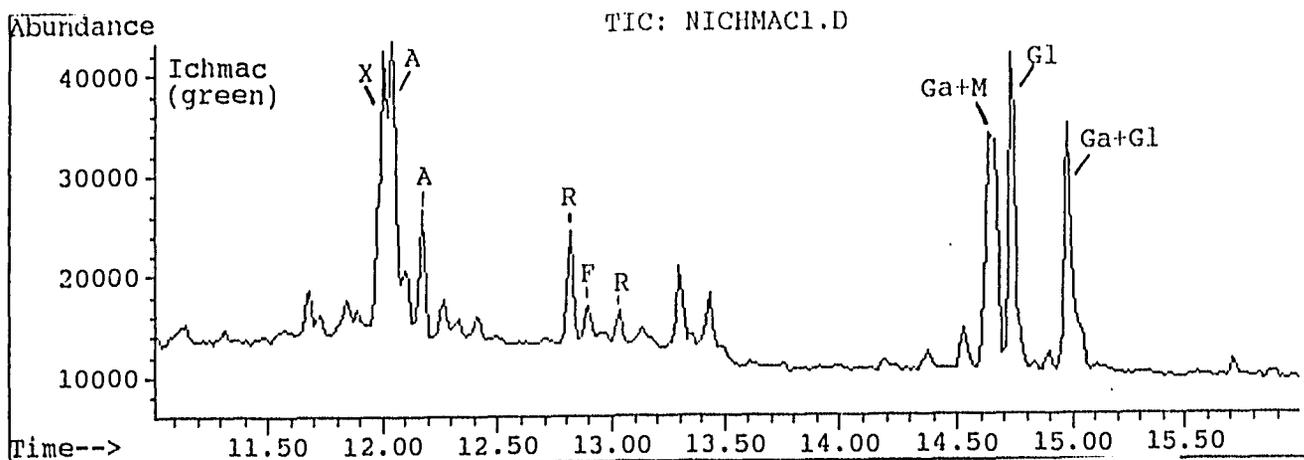


Figura 30. Espectro de CG/SM que muestra contenido de monosacáridos en una muestra de Ichmac, Campeche.
 (X) xilosa, (A) arabinosa, (R) rahnmosa, (F) fucosa, (Gal) galactosa, (Glu) glucosa.

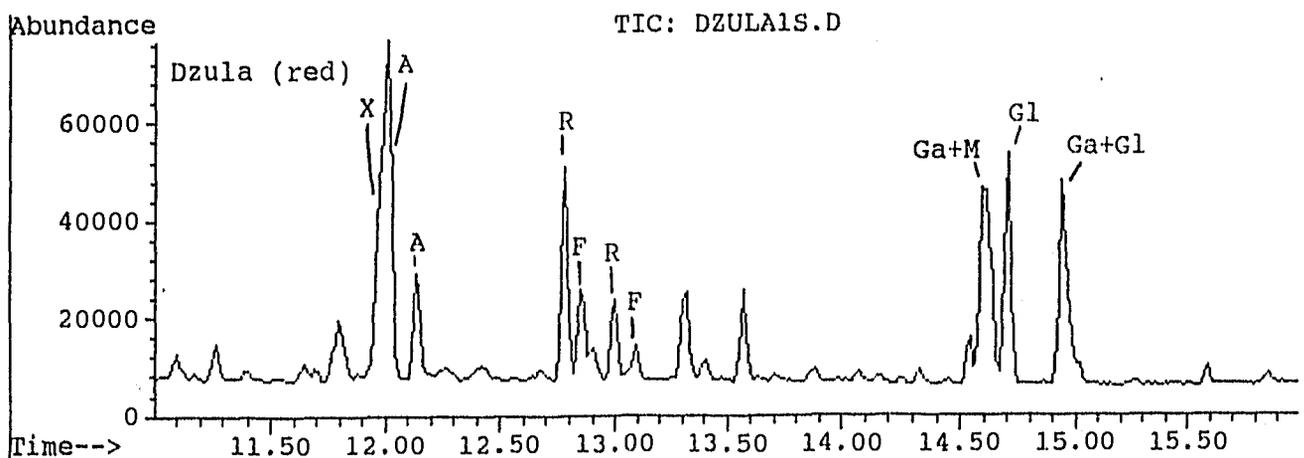


Figura 31. Espectro de CG/SM que muestra contenido de monosacáridos en una muestra de Dulá, Yucatán.
 (X) xilosa, (A) arabinosa, (R) rahnmosa, (F) fucosa, (Gal) galactosa, (Glu) glucosa.

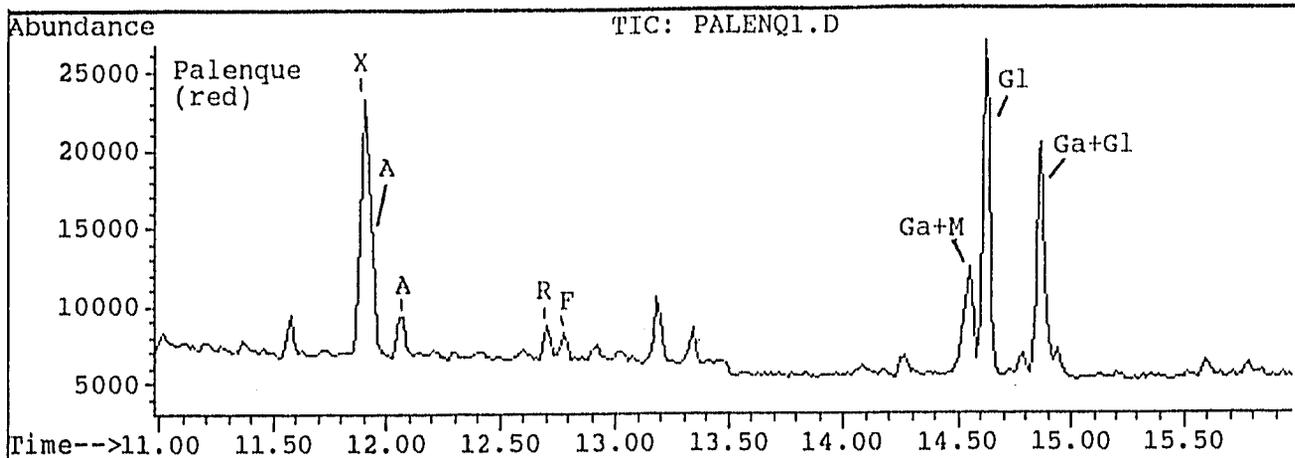


Figura 32. Espectro de CG/SM que muestra contenido de monosacáridos en una muestra de Palenque, Chiapas.
 (X) xilosa, (A) arabinosa, (R) rahnosa, (F) fucosa, (Gal) galactosa, (Glu) glucosa.

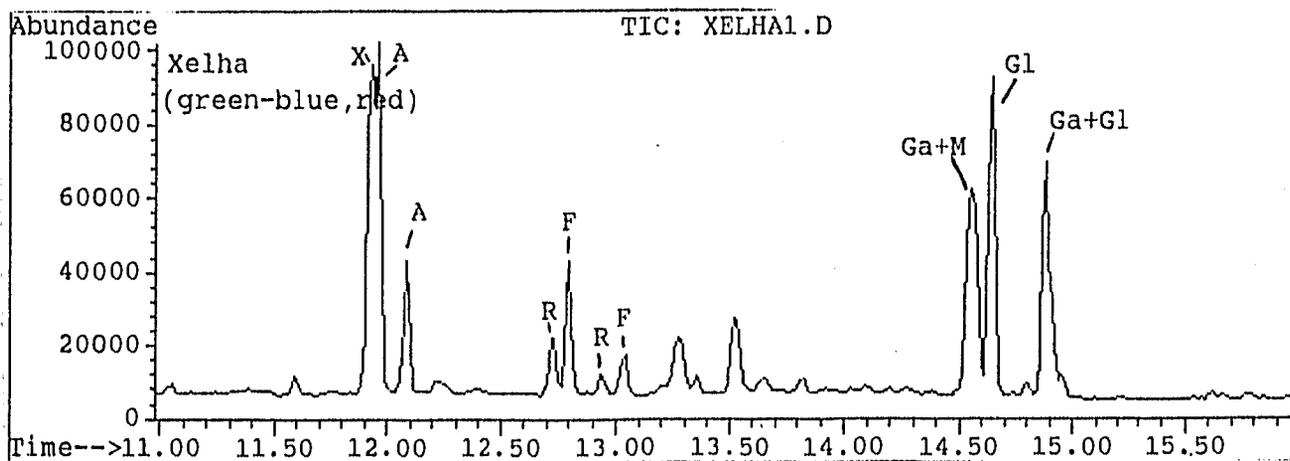


Figura 33. Espectro de CG/SM que muestra contenido de monosacáridos en una muestra de Xelha, Quintana Roo, (Posclásico).
 (X) xilosa, (A) arabinosa, (R) rahnosa, (F) fucosa, (Gal) galactosa, (Glu) glucosa.

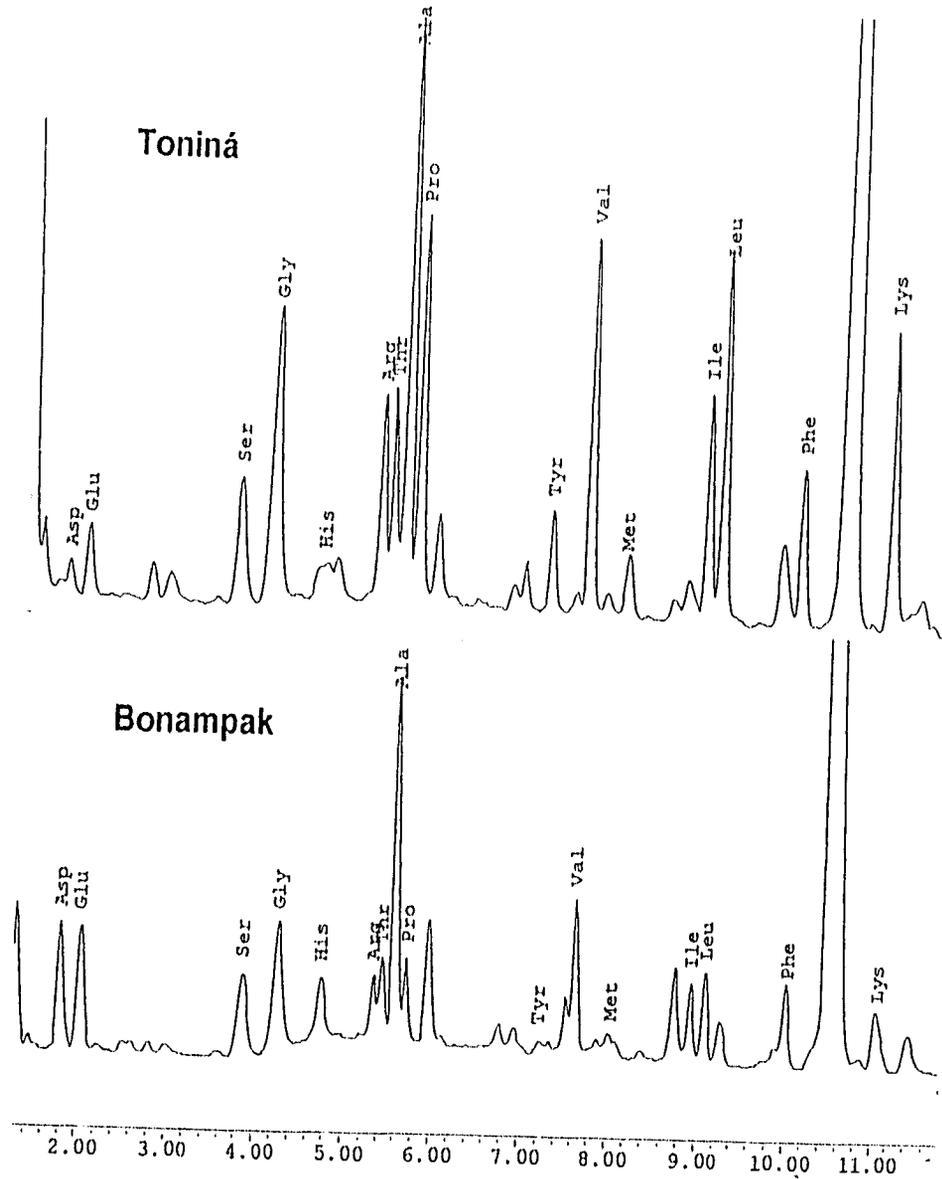


Figura 35. Espectro por HPLC que evidencia el contenido de aminoácidos en muestras de pintura mural.
 Los aminoácidos detectados son: (Ser) serina, (Gly) glicina, (Arg) arginina, (Thr) Threonina, (Ala) alanina, (Pro) prolina, (Tyr) tirosina, (val) valina, (Ile) isileusina, (leu) leucina. Las muestras contienen trazas de hidroxiprolina.

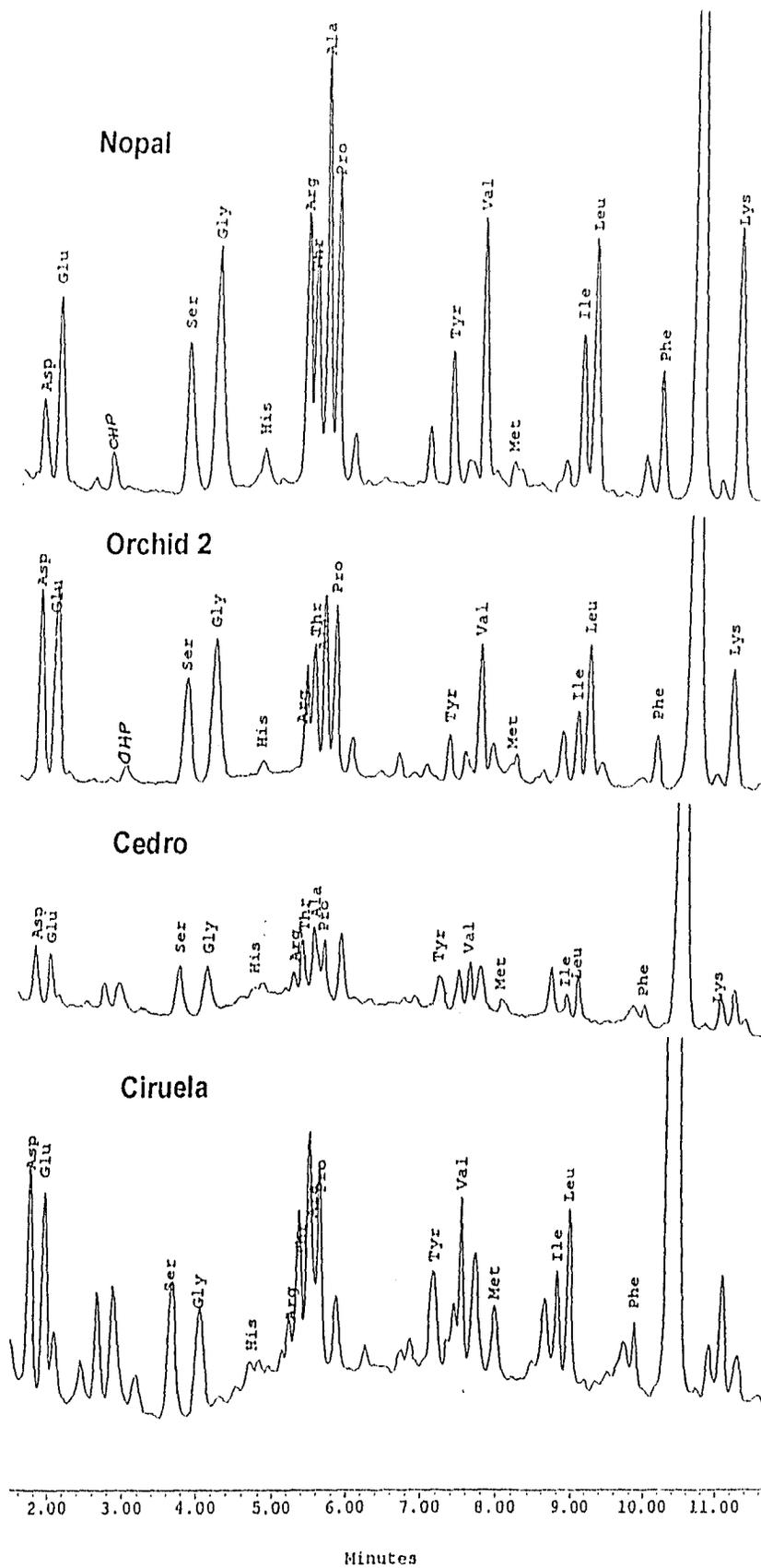


Figura 36. Espectro por HPLC que evidencia el contenido de aminoácidos en muestras de gomas recolectadas.

Los aminoácidos detectados son: (Ser) serina, (Gly) glicina, (Arg) arginina, (Thr) Threonina, (Ala) alanina, (Pro) prolina, (Tyr) tirosina, (val) valina, (Ile) isileusina, (leu) leucina. Las muestras contienen trazas de hidroxiprolina.



Figura 37. Lupa Binocular, 16X. Tonal de azul en muestras de Ichmuc.



Figura 38. Lupa Binocular 16X. Tonal de verde en muestras de Ichmuc.



Figura 41. MEB. Chichen Itzá, Templo de Los Jaguares. IERD, 100X. Observar capa pictórica que se muestra negra.



Figura 39. MEB. Chichen Itzá, Templo de los Jaguares. IERD, 100X. Observar capa pictórica que se muestra negra.

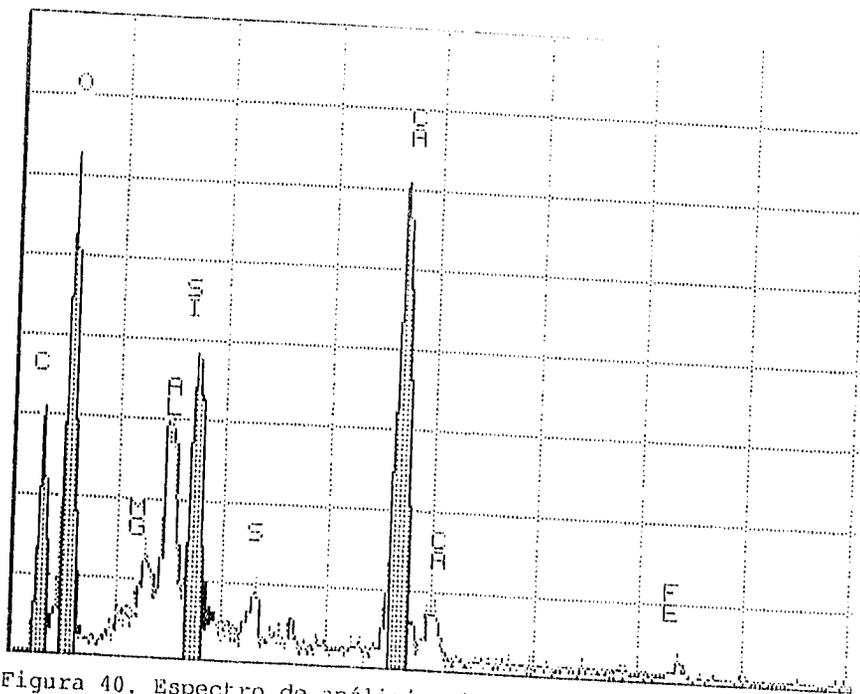


Figura 40. Espectro de análisis elemental en el MEB. de capa pictórica azul en Chichen Itzá, Templo de los Jaguares.



capa 1. amor. oscuro
capa 2. verde claro
capa 3. rojo claro

capa 4. zincado fino

Figura 42. MO. Verde Quetzal -color
hecho mediante transparencias. 70X.



Figura 43. Bonampak. Cuarto 1.
Fondo azul translúcido, cuerpos opacos.



Figura 44. MO. Ichmac.
100X.



Figura 45. MO. Chichen Itzá,
100X.



Figura 46 Lupa Binocular, marca de pinceladas
en verde y amarillo, Ichmac. 32X.



Figura 47. MO. Chacmultún,
100X.



Figura 48. MO. Dzulá
100X.



Figura 49. MO. Bonampak.
100X.

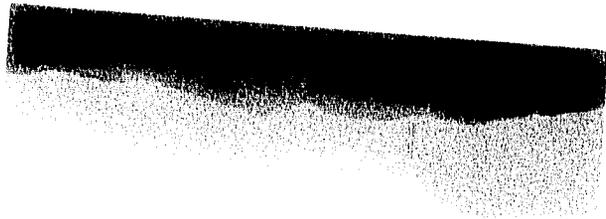


Figura 50. MO. Bonampak. rojo claro, 100X.

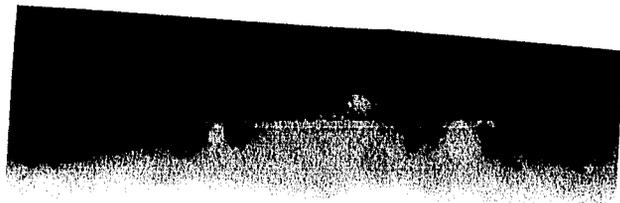


Figura 51. MO. Ichmac. Rojo oscuro, 100X.

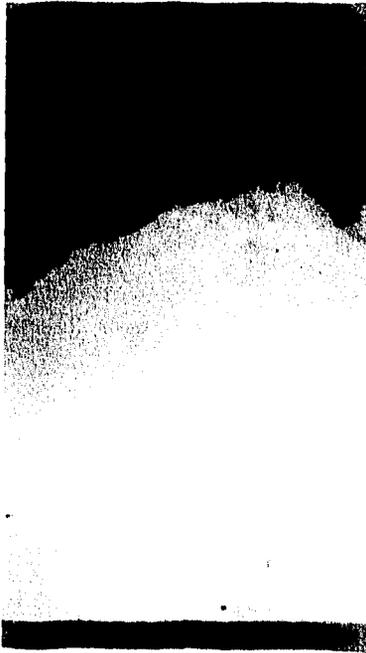


Figura 52. MO. Tulum,
Azul clarito, 100X.

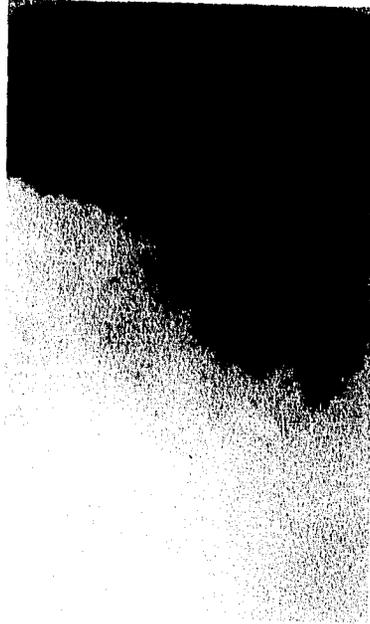


Figura 53. MO. Cobá,
100X.
Grupo Pinturas, gris



Figura 54. LB. Cobá, estratos
múltiples. 32X.

Tabla 1: Sitios, Estructuras Pintadas y Cronología

| ESTADO | | SITIO | MURAL/ESTRUCTURA | CRONOLOGIA |
|--------------|----------------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------|
| Chiapas | 1 | Toniná | Pintura de la Urna | Clásico Terminal |
| | 2a | Palenque | El Palacio, Casa E | Clásico Tardío |
| | 2b | | El Palacio, Casas A, B y D | Clásico Tardío |
| | 3 | Bonampak | Estructura I, cuartos 1, 2 y 3 | Clásico Tardío |
| | 4 | Yaxchilan | Estructura 44 | Clásico Tardío |
| Campeche | 5a | Balanku | Estructura 1 | Clásico Temprano ? |
| | 5b | | Sub-estructura | Clásico Temprano ? |
| | 6 | Chicanná | Estructura 2 | Clásico Tardío |
| | 7 | Chelemi | Estructura 1 | Clásico Tardío |
| | 8 | Ichmac | Estructura 1 | Clásico Tardío |
| | 9 | Xuelén | Estructura 1 | Clásico Tardío (inicios ?) |
| Yucatán | 10a | Uxmal | Grupo Pájaros, "manos azules" | Clásico Terminal |
| | 10b | | Cuadrángulo Monjas, Edif. E - 1 | Clásico Tardío |
| | 11 | Kabah | Codz Pop | Clásico Tardío |
| | 12 | Sodzil | Estructura 1 | Clásico Tardío |
| | 13 | Dzulá | Estructura 1 | Clásico Tardío |
| | 14 | Chacmultún | Estructura A, cuarto 10 | Clásico Tardío |
| | 15a | Chichen Itzá | Templo de los Jaguares | Clásico Terminal |
| | 15b | | Las Monjas, cuarto 22 | Clásico Tardío |
| | 15c | | Las Monjas, cuarto 8 | Clásico Tardío |
| | 15d | | Templo Chac Mool | Clásico Tardío |
| | 15e | | Templo Guerreros | Clásico Terminal |
| 16 | Dzibilnocac | Estructura A 1 | Clásico Tardío | |
| Quintana Roo | 17 | San Angel | Estructura 1 | Posclásico Tardío |
| | 18a | Cobá | Grupo las Pinturas | Posclásico Tardío |
| | 18b | | El Cuartel | Clásico Tardío |
| | 19 | Rancho Ina | Casa Azul | Posclásico Tardío |
| | 20 | San Gervasio | Estructura 30 | Posclásico Tardío |
| | 21a | Xelha | Casa Jaguar, Grupo C | Clásico Terminal |
| | 21b | | Casa Jaguar, Pórtico | Clásico Terminal |
| | 21c | | Santuario T. Jaguar | Posclásico Tardío |
| | 21d | | Estr. 86, Grupo B | Clásico Temprano |
| | 22a | Tancah | Estructura 12 | Posclásico Temprano |
| | 22b | | Estructura 44 | Posclásico Tardío |
| | 23a | Tulum | Estructura 16 | Posclásico Tardío |
| | 23b | | Templo 5 | Posclásico Tardío |
| 23c | Subestructura del Castillo | | Posclásico Temprano | |

Tabla 2: Identificación de Tipos de Cal y Cargas en los Soportes por difracción de Rayos-X: Agrupaciones Técnicas

| ESTADO | SITIO | MURAL/ESTRUCTURA | TIPO DE CAL | MINERAL ASOCIADO | TEXTURA | GRUPO |
|---------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|----------|-----------|
| Chiapas | Toniná | Urna | Dolomita | Cuarzo | A | Excepción |
| | Palenque | El Palacio, Casa E | Dolomita | Boehmita | C | 2 |
| | | Casas A, B y D | Dolomita | Boehmita | C | 2 |
| | Bonampak Yaxchilan | Estr. 1 cuartos 1,2 y 3 | Dolomita | Boehmita | C | 2 |
| Estructura 44 | | Dolomita | Halloysita | C | 2 | |
| Campeche | Balamku | Estructura 1 | Calcita | Boehmita | C | 2 |
| | | Sub-estructura | Calcita | Feldespatos | C | 2 |
| | Chicanná | Estructura 2 | Calcita | Cuarzo, feldespatos | A | Excepción |
| | Chelemi | Estructura 1 | Calcita | Cuarzo, boehmita | C | 2 |
| | Ichmac | Estructura 1 | Calcita | Montmorillonita | A | 1 |
| | Xuelén | Estructura 1 | Calcita/dolomita | Feldespatos | C | 2 |
| Yucatán | Uxmal | Manos Azules | Calcita | Yeso | B | 3 |
| | | Grupo Pájaros | Calcita | Boehmita | A | 1 |
| | Kabah | Codz Pop | Calcita | Calcita | A | 1 |
| | Sodzil | Estructura 1 | Calcita | Boehmita | C | 2 |
| | Dzulá | Estructura 1 | Calcita | Calcita | A | 1 |
| | Chacmultún | Estr. A, cuarto 10 | Calcita/dolomita | Boehmita | C | 2 |
| | Chichen Itzá | Templo Jaguares | Calcita | Yeso | B | 3 |
| | | Las Monjas, cuarto 22 | Calcita | Boehmita | C | 2 |
| | | Las Monjas, cuarto 8 | Calcita | Montmorillonita | C | 2 |
| | | Templo Chac Mool | Calcita | Yeso | B | 3 |
| | | Templo Chac Mool | Calcita | Boehmita | A | 1 |
| | | Templo Guerrerros | Calcita | Boehmita | A | 1 |
| | Quintana Roo | San Angel | Estructura 1 | Calcita/dolomita | Boehmita | D |
| Cobá | | Grupo las Pinturas | Calcita/aragonita | Boehmita | D | 4 |
| | | El Cuartel | Calcita | Boehmita | A | 1 |
| Rancho Ina | | Casa Azul | Calcita/aragonita | Calcita/aragonita | D | 4 |
| San Gervasio | | Estructura 30 | Calcita/aragonita | Calcita/aragonita | D | 4 |
| Xelha | | Casa Jaguar, Grupo C | Calcita/aragonita | Yeso/piroxenos | A | 3 |
| | | Casa Jaguar, Pórtico | Calcita/aragonita | Yeso/piroxenos | A | 3 |
| | | Santuario T. Jaguar | Calcita/aragonita | Calcita/aragonita | D | 4 |
| | | Estr. 86, Grupo B | Calcita | Montmorillonita | D | 2 |
| Tancah | | Estructura 12 | Calcita/aragonita | Boehmita | D | 4 |
| | | Estructura 44 | Calcita/aragonita | Yeso | D | 4 |
| Tulum | | Estructura 16 | Calcita/aragonita | Calcita/aragonita | D | 4 |
| | | Templo 5 | Calcita/aragonita | Calcita/aragonita | D | 4 |
| | Sub. Castillo | Calcita/aragonita | Calcita/aragonita | D | 4 | |

G1=enlucido pulido y cal de calcita G2=enlucido texturizado, cal de dolomita o mezcla G3=enlucido pulido con yeso. G4= textura y cal de aragonita
 Textura enlucido: A=liso-resistente B=liso-deleznable C=irregular - resistente D=irregular- deleznable

| NOMBRE EN MAYA | NOMBRE COMUN | NOMBRE CIENTIFICO | FUENTES QUE LO MENCIONAN | PROPIEDADES MENCIONADAS |
|----------------------------|--------------------------|---|--|---|
| 1. Abal k'ilim- | ciruelo de esta tierra | <i>Spondia spp.</i> , <i>Finca prusia</i> | Cordemex, Relaciones Geográficas | Es una goma que cristaliza ("its" en maya) |
| K'in (abal) Caan (goma de) | ciruelo, amarillo y rojo | <i>Tapiriria mexicana</i> | Roys, Hernández | Hay más de 20 tipos de ciruelos en el área. |
| 2. Chakah- | palo jiote, mulato, | <i>Bursera simaruba</i> | Cordemex, Roys, Standley, Littman | Bálsamo aromático, goma "iis". La corteza |
| Its-chakah (goma de) | palo retinto | | Landa, Thompson E., Rel. Geográficas | se mezcla con cal. Madera para quemar. |
| 3. Holol | corcho rojo (Chis.) | <i>Belotia capbelli y mexicana</i> | Cordemex, Maximino Martínez | Corteza glutinosa que se mezcla con la cal |
| | corcho (Chis) | | Cordemex, Maximino Martínez | en Yucatán. |
| | jonote (Ver.) | <i>Heliocarpus tomentosus</i> | Trabajo de campo, Falcón-Magaloni | Se usa la goma de su corteza en Ver. |
| | jonote de verano (Guate) | <i>Heliocarpus spp.</i> | Trabajo de campo (Guate.) Lombardo S. | Se usa su goma "its" para pintar en el Petén. |
| 4. Kulche- | cedro rojo, cedro | <i>Cedrela spp. y Guarea spp.</i> | Trabajo de campo (Guate.) Lombardo S. | Se usa su goma "its" para pintar en el Petén. |
| K'in chan (goma de) | de esta tierra | | Cordemex, R. Geográficas, Roys, Landa | Es una goma "its" que cristaliza. |
| 5. Ha' bin (haabim) | madera de hierro, jabín | <i>Pescidia comunis.</i> | Thomson E., Littman, | La goma de corteza se mezcla con cal. |
| | | | Cordemex, Relaciones Geográficas | La madera se usa para construir. |
| 6. Kopo' | álamo (Chis) | <i>Ficus nitida</i> | Cordemex, R. Geográficas, Roys | La corteza se usa para fabricar papel. |
| | | | Trabajo de campo Falcón-Magaloni | Se conoce su goma y corteza en Chiapas. |
| 7. Kab (Kabil) | miel y cera de abeja | | Doc. anónimo de 1548, zona maya | Mezcla con gomas para fabricar pinturas. |
| | | | Roys, Steggerda, R. Geográficas, Landa | La miel se cultiva en todos los poblados. |
| 8. Tzácuhtli (náhuatl) | orquídea | <i>Bletia purpurea y campanulata</i> | Sahagún, Hernández, Mansuc. Badiano | En el Altiplano se prepara un pegamento |
| Kuk (bulbo y goma líquida) | flor de concha, pulpito | <i>Encyclia Cochleata</i> | Se infiere en Landa y en Doc. anónimo | en polvo que se usa en el trabajo de plume- |
| | flor de Candelaria | <i>Encyclia adenocaula</i> | de 1548. Martínez-Cortés | ría y para templar los colores. Las Rel. |
| | flor de mayo | <i>Barkevia Lindleyana</i> | Maximino Martínez y Cordemex | Geográficas de Guatemala refieren el uso |
| Yeel-kuuk | | <i>Encyclia nematocaulon</i> | | de un engrudo en el trabajo de plumería. |
| Nunup'he | | <i>Rhycholaelia digbyana</i> | | En Landa se infiere su uso para preparar |
| Sak'ukum-lol | candelaria | <i>Schomburgkia superbiens</i> | | pinturas. |
| Ch'iit-kuuk | monjes, chinela | <i>Cattleya skinneri, C. auarantiaca</i> | | |
| 9. Chucum | huamichil (Mex.) | <i>Pithecolobium albicans</i> | Littman, Thomson, E., Roys | Se usa para pintar. Su corteza se mezcla |
| | huizache (Camche.) | | | con cal en Yucatán. |
| 10. Chacte | | <i>Caesalpinia platyloba</i> | Thomson, E., | Produce una goma y tinta rojas. Astillas en |
| (Kaan kopol-kum) | | <i>Caesalpinia violacea</i> | Roys | tinta sirven como lápices de color. |

Tabla 3. Materiales del Bosque Tropical: Posibles Algotinantes de la Pintura Maya

| MUESTRA | Xylosa | Arabinosa | Rahmnosa | Fucosa | Galactosa# | Glucosa |
|----------------------------|--------|-----------|----------|--------|------------|---------|
| Toniná (rojo) | *** | *** | ** | * | ** | *** |
| Palenque (rojo) | *** | ** | | | ** | *** |
| Bonampak (azul) | ** | ** | * | * | ** | *** |
| Bonampak (verde) | ** | *** | * | * | ** | *** |
| Chicaná (rojo) | * | ** | | | ** | *** |
| Chicaná (azul) | * | ** | | | ** | *** |
| Cheleml (rojo) | *** | ** | * | * | ** | *** |
| Ichmac (verde) | * | * | | | * | *** |
| Ichmac (verde 2) | ** | ** | * | * | ** | *** |
| Xuelen (rojo) | | ** | ** | | ** | *** |
| Dzibilnocac (rojo) | ** | *** | *** | ** | * | * |
| Dzibilnocac (azul) | ** | ** | * | | * | *** |
| Kabah (azul y rojo) | ** | ** | * | * | ** | ** |
| Sodzil (azul) | | ** | * | * | * | ** |
| Dzulá (rojo) | *** | *** | ** | * | ** | ** |
| Chacmultún (azul) | *** | *** | ** | * | *** | *** |
| Chichen Itzá (15a)(verde) | * | *** | | | * | ** |
| Chichen Itzá (15c) (verde) | ** | *** | * | * | * | ** |
| Xelha (20c) (azul) | *** | *** | * | ** | ** | *** |
| Tulum (22a) (azul) | ** | * | ** | * | *** | *** |
| Cobá (17a) (azul) | ** | ** | * | * | ** | *** |

Tabla 4. Contenido relativo de monosacáridos en muestras de pintura mural. (***)=mucho, (**)=regular, (*)=poco).

| MUESTRA ESTANDARES | Xylosa | Arabinosa | Rhamnosa | Fucosa | Galactosa | Glucosa |
|----------------------------|--------|-----------|----------|--------|-----------|---------|
| Goma corteza Jonote (Ver.) | *** | | *** | * | ** | * |
| Goma de Jobo (Chis.) | | *** | * | ** | *** | |
| Goma de Ciruelo (Mor.) | * ? | *** | ** | | *** | ** |
| Goma de Tzacuhlli (Mor.) | | | | | *** | ** |
| Goma de Nopal (Tlax.) | * | ** | * | | *** | |
| Goma de Cedro (Guate.) | | *** | *** | * | *** | |
| Goma de Chakah (Chis.) | | ** | * | | *** | |

Tabla 5. Contenido relativo de monosacáridos en algunas gomas recolectadas. (***)=mucho, (**)=regular, (*)=poco).

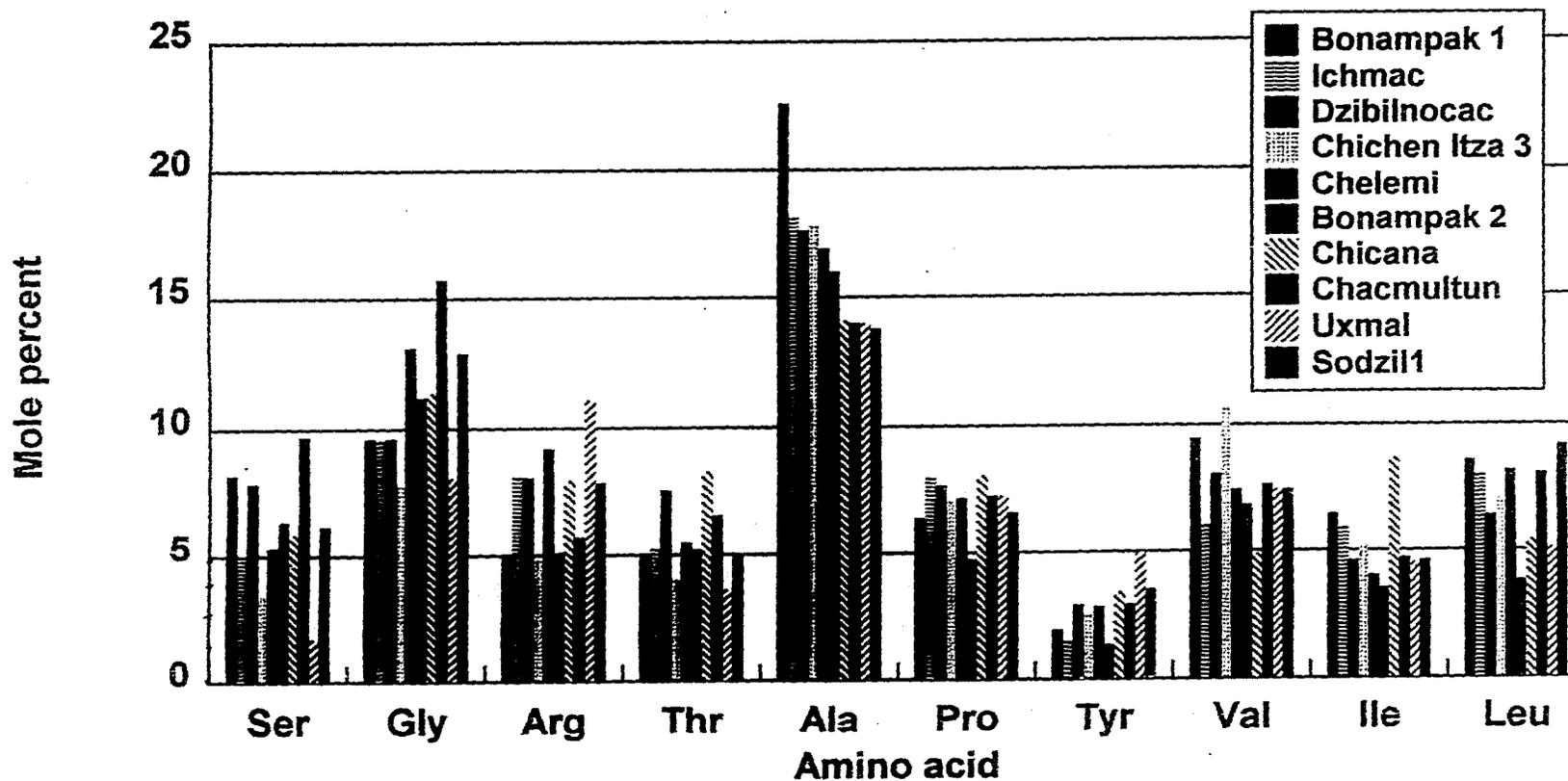


Tabla 7. Contenido de aminoácidos mediante HPLC en muestras de pintura mural. Los aminoácidos detectados son: (Ser) serina, (Gly) glicina, (Arg) arginina, (Thr) Threonina, (Ala) alanina, (Pro) prolina, (Tyr) tirosina, (val) valina, (Ile) isileusina, (leu) leucina. Las muestras contienen trazas de hidroxiprolina. Las muestras se ordenan por contenido de alanina (de mayor a menor): Bonampak, Ichmac, Dzibilnocac, Chichen Itzá, Chelemí, Bonampak, Chicana, Chacmultún, Uxmal, Sodzil.

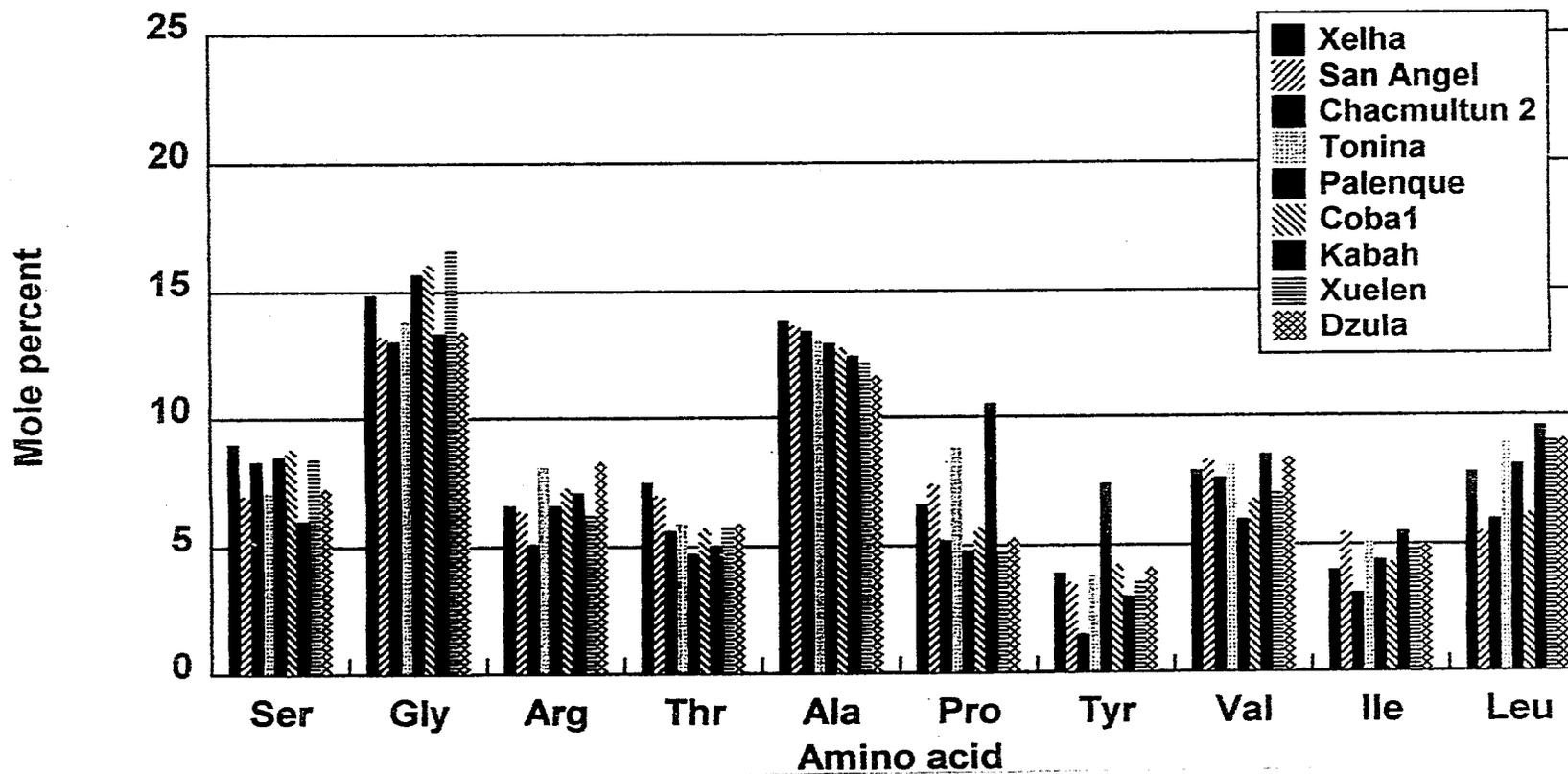


Tabla 8. Contenido de aminoácidos mediante HPLC en muestras de pintura mural. Los aminoácidos detectados son: (Ser) serina, (Gly) glicina, (Arg) arginina, (Thr) Threonina, (Ala) alanina, (Pro) prolina, (Tyr) tirosina, (val) valina, (Ile) isileusina, (leu) leucina. Las muestras contienen trazas de hidroxiprolina. Las muestras se ordenan por contenido de alanina (de mayor a menor): Xelha (Posclásico), San Angel, Chacmultún, Toniná, Palenque, Cobá (Posclásico), Kabah, Xuelen, Dzula.

Amino acid contents of some natural binders

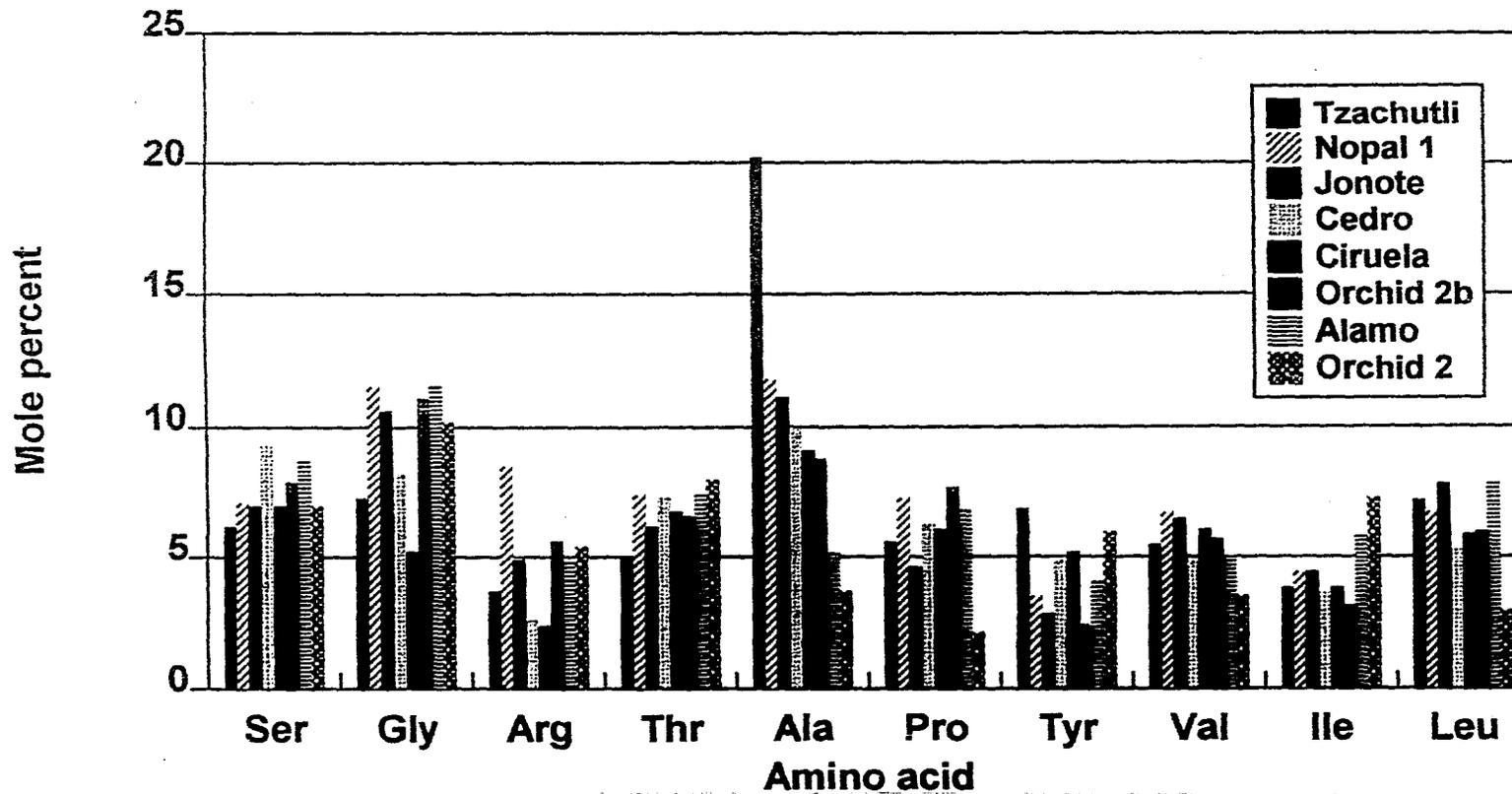


Tabla 9. Contenido de aminoácidos mediante HPLC en algunas gomas recolectadas. Los aminoácidos detectados son: (Ser) serina, (Gly) glicina, (Arg) arginina, (Thr) Threonina, (Ala) alanina, (Pro) prolina, (Tyr) tirosina, (val) valina, (Ile) isileusina, (leu) leucina. Las muestras contienen trazas de hidroxiprolina.

Amino acid contents of samples from Bonampak and Chacmultún

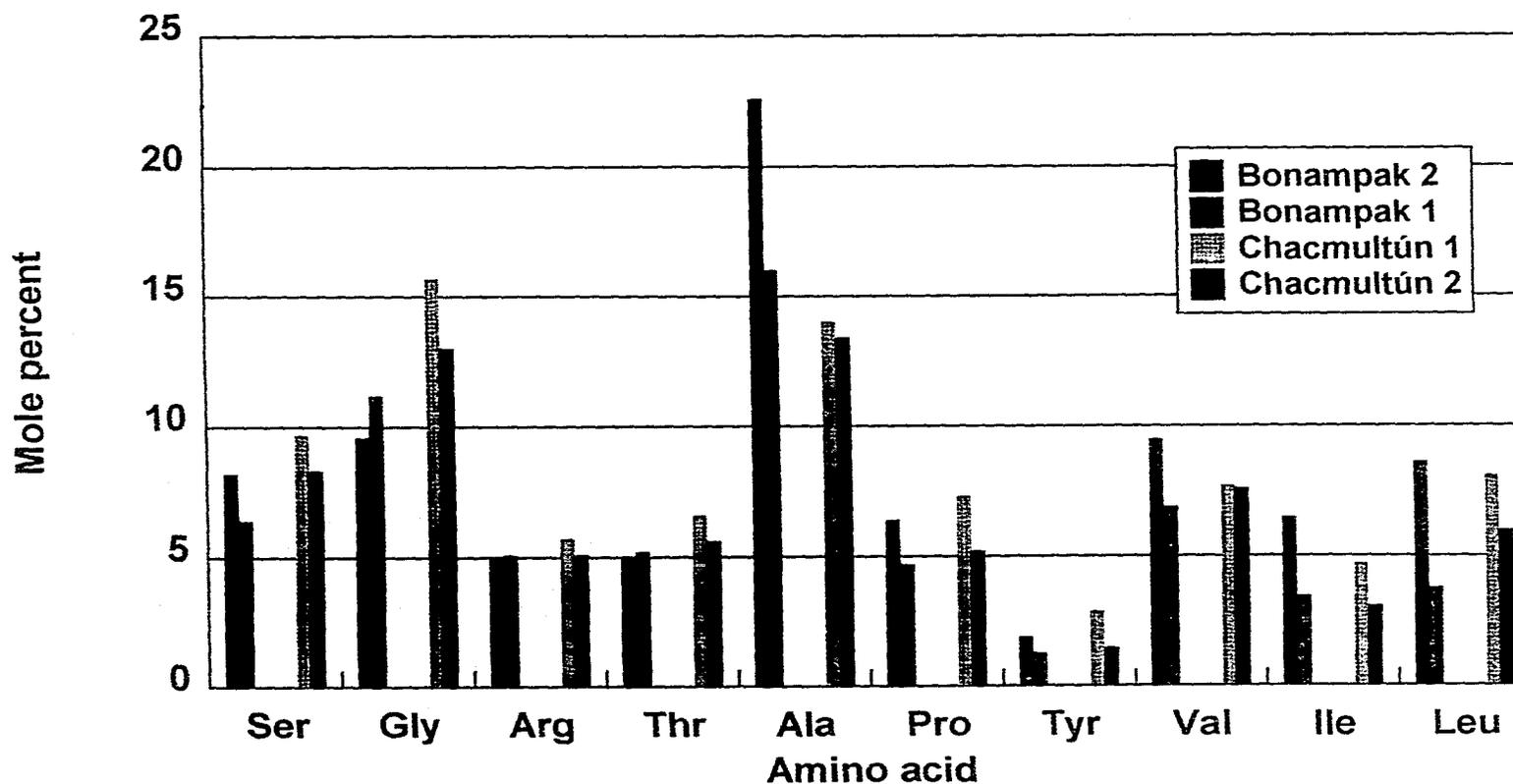


Tabla 10. Comparación del contenido relativo de aminoácidos en dos muestras de pintura mural de Bonampak y Chacmultún.

Los aminoácidos detectados son: (Ser) serina, (Gly) glicina, (Arg) arginina, (Thr) Threonina, (Ala) alanina, (Pro) prolina, (Tyr) tirosina, (val) valina, (Ile) isoleucina, (leu) leucina. Las muestras contienen trazas de hidroxiprolina. Se observa la variabilidad en el contenido de aminoácidos.

