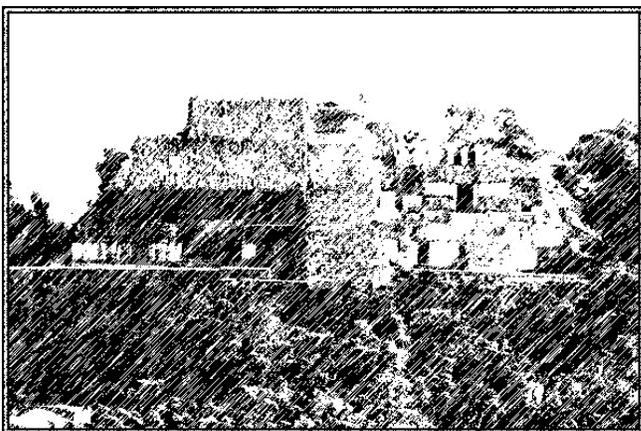


“Resultados preliminares sobre la caracterización de materiales constitutivos y tecnología de la pintura mural de la Acrópolis de la Zona Arqueológica de Ek’Balam, Yucatán”



Mtra. Alejandra Alonso Olvera¹
Dr. Demetrio Mendoza Anaya²
Dr. Manuel Espinoza Pesqueira²
Dr. José Luis Ruvalcaba³
Dr. Peter Vandenabeele⁴
Quím. Javier Vázquez Negrete⁵
Rest. Cristina Ruiz Martín⁵

1 Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural INAH. Subdirección de Conservación Arqueológica y Acabados Arquitectónicos.

2 Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Gerencia de Materiales.

3 Instituto de Física Universidad Nacional Autónoma de México. Laboratorio del Acelerador Pelletrón.

4 Universidad de Ghent, Bélgica. Laboratorio de Química Analítica.

5 Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía INAH. Laboratorio de Química.

Introducción

En 1994 se iniciaron los trabajos arqueológicos de excavación de la antigua ciudad maya de Ek´Balam por parte del Centro INAH Yucatán con un proyecto de investigación a cargo de la Arqueóloga Leticia Vargas. El proyecto arqueológico se ha destinado al estudio del conjunto arquitectónico de la Acrópolis para comprender la complejidad de esta estructura en sus diferentes periodos de ocupación. En 1999 a petición del Consejo de Arqueología y de la Coordinación Nacional de Arqueología del INAH, la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) propuso un proyecto de conservación, restauración y estudio de los elementos decorativos encontrados en la Acrópolis de Ek´Balam. El proyecto dio inició en el verano del 2001 y continúa hasta el momento.

La elaboración del proyecto fue resultado de la preocupación de diversas áreas del INAH por la preservación de los elementos decorativos de Ek´Balam cuya calidad y singularidad son sobresalientes. Esta condición afortunada, pero extraordinaria e inusual, ha sido el motivo por el cual se ha instrumentado un programa de conservación de los vestigios para asegurar que la condición física en que se encontraron no se modifique hacia un estado de deterioro, más tarde incontrollable, como ha sucedido con vestigios similares en otras zonas arqueológicas del país.

El proyecto de Conservación de Ek´Balam es una de las pocas experiencias sistemáticas de Conservación aplicadas en un sitio arqueológico Maya en la Península de Yucatán desde su descubrimiento. El proyecto empezó en el año 2001 cuando algunos elementos de piedra, estuco y decoraciones pictóricas fueron descubiertas por las excavaciones arqueológicas.

El proyecto de conservación se planteó como una experiencia, en la que se combinaran integralmente la conservación directa de los elementos decorativos con un programa de investigación definido por las necesidades de conservación del sitio. Los tópicos de investigación fueron desarrollándose desde la primera temporada de campo en el año 2001, una vez que se analizó minuciosamente la condición físico-química de los variados elementos decorativos de la Acrópolis. Entre los temas más relevantes para la conservación se encuentra el análisis de los materiales constitutivos de la pintura mural, para determinar su naturaleza material y deducir la tecnología con la que fue creada. La información derivada del estudio de los materiales constitutivos es una herramienta esencial para el conservador, ya que esto le permite entender los principales mecanismos de deterioro y de alteración a que están sujetos desde su manufactura inicial hasta el día en que son expuestos nuevamente a la luz como resultado de las tareas de liberación arqueológica.

El análisis de la técnica de manufactura de la pintura mural es uno de los principales propósitos de investigación a través de la caracterización de los materiales constitutivos. Los resultados nos permitirán hacer comparaciones con elementos decorativos de otros sitios de la zona oriental de Yucatán. Adicionalmente el estudio de los materiales constitutivos y la determinación de la

tecnología pictórica permitirán correlacionar las diversas tradiciones artísticas de la región.

Algunas técnicas arqueométricas han sido usadas para alcanzar los objetivos de investigación. La espectroscopía Raman, la Fluorescencia de Rayos X, la Microscopia Electrónica de Barrido y Óptica, la Espectroscopia Infrarroja y la Difracción de Rayos X han sido las técnicas usadas para analizar un conjunto de 33 muestras de pintura mural provenientes del interior de dos crujías de la Acrópolis del sitio.

Algunos resultados preliminares se han obtenido en la caracterización de pigmentos revelando algunos rasgos particulares a la técnica pictórica de Ek´Balam durante el periodo clásico tardío (700-900 D. C.). Algunos pigmentos no reportados antes en análisis de pintura mural de la península de Yucatán han sido identificados en las muestras analizadas de Ek´Balam. Algunos pigmentos se han distinguido por haber sido usados extensivamente en diferentes concentraciones para alcanzar una amplia gama de colores y tonos para enriquecer la paleta cromática. Resultados preliminares en los análisis practicados han contribuido notablemente a determinar la tecnología pictórica en Ek´Balam.

El artículo discute los objetivos del proyecto, la importancia de utilizar las diversas técnicas de análisis y su importancia para obtener información con propósitos de conservación así como los resultados parciales hasta ahora alcanzados.

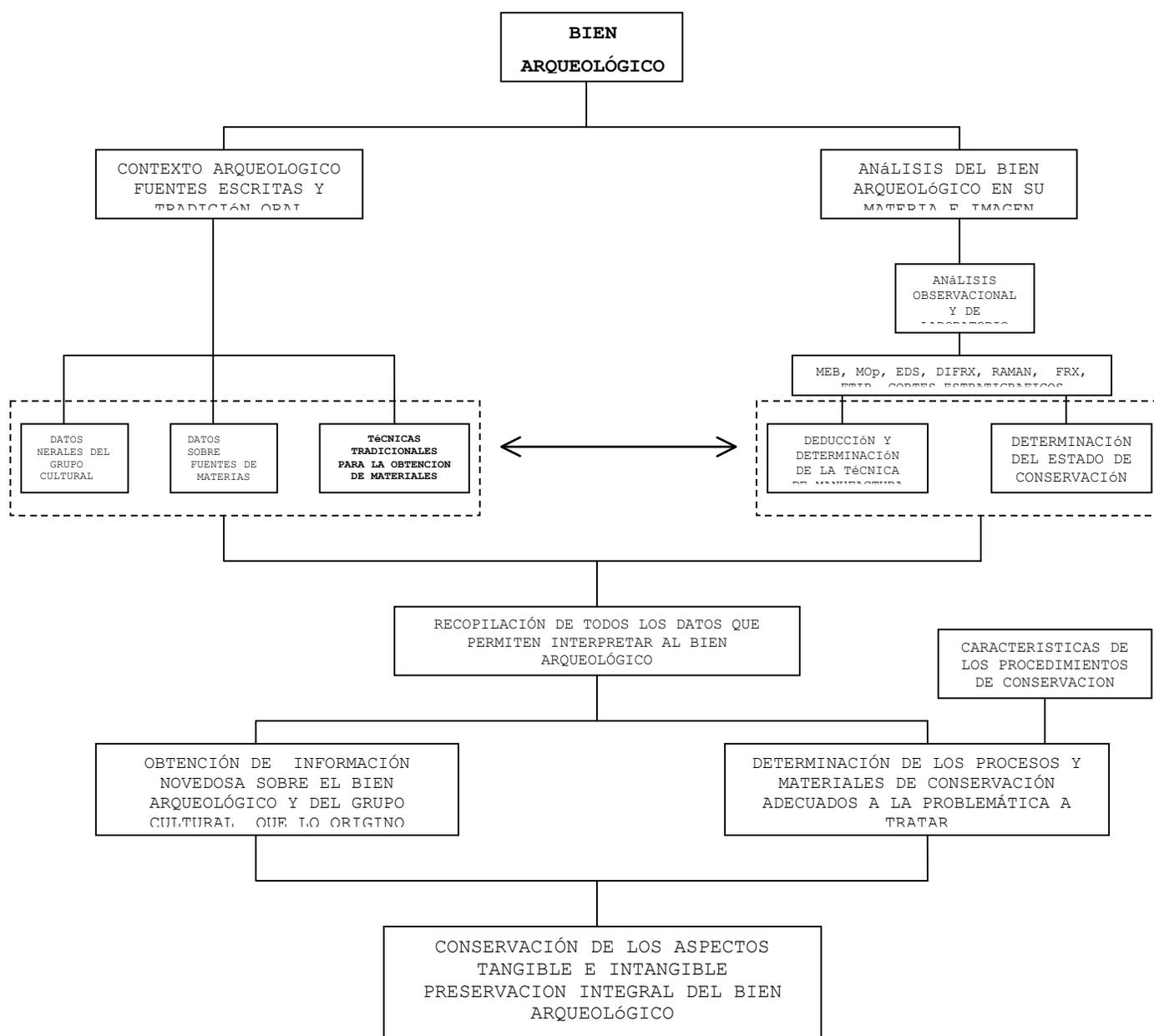
Importancia de la investigación para la conservación

El objetivo de la conservación es preservar, mantener, cuidar a los bienes culturales para asegurar su permanencia tanto en el sentido tangible como en el intangible. Para lograr este propósito es fundamental conocer esos bienes ya que a medida que el conocimiento de estos es más amplio se determinan con mayor facilidad las pautas para su preservación.

El área de conservación de bienes arqueológicos del INAH, con el paso de los años y los avances tecnológicos, se ha visto enriquecida con la utilización de análisis de laboratorio, desde los más simples hasta los más sofisticados, que han permitido aumentar el conocimiento en torno a la tecnología de manufactura original, los procesos de deterioro y la alteración que presentan los bienes culturales; así como la interacción entre éstos y los procedimientos de restauración que se emplean para conservarlos.

Toda la información que se obtiene de estos análisis no sólo ayuda a determinar las características y comportamientos particulares del bien arqueológico estudiado, sino que tal conocimiento permite conservarlo mas allá de su materialidad, es decir, preserva al mismo tiempo la parte tangible del objeto y un dato, intangible, que puede utilizarse para entender de manera más amplia algún aspecto específico del grupo social que creó dicho bien arqueológico.

Para el estudio integral de un bien arqueológico se utilizan diferentes tipos de análisis, toda la información que se obtiene de éstos es fundamental para preservarlo de forma integral. Básicamente se pueden establecer dos vías de estudio, una, la que corresponde a las fuentes primarias, constituida por todos los estudios que se practican a la materia e imagen del bien arqueológico a través de diversos análisis de laboratorio y de la observación directa del objeto; y las fuentes secundarias que están constituidas por los datos obtenidos a través del contexto en el que se encontró el bien arqueológico, la tradición oral y las fuentes escritas. En los bienes arqueológicos las fuentes primarias son fundamentales, ya que las secundarias suelen ser muy vagas o inexistentes. La materia misma de los bienes arqueológicos se convierte en una fuente inagotable de conocimiento que nos permite interpretar algunos aspectos de los grupos culturales ya extintos y su comportamiento en el pasado.



Como se puede apreciar en el esquema anterior los datos obtenidos por ambas vías se enriquecen y se confrontan. Un estudio integral como el que se realiza en la pintura mural de Ek´Balam se inscribe dentro de un proyecto global y con el apoyo de diversas disciplinas como la arqueología, la química, la física y la ciencia de materiales. La ventaja de aplicar este tipo de estudios de forma paralela a la práctica de la conservación es que de ellos se desprende información no sólo relevante para el sitio sino también de utilidad para otras áreas afines de conocimiento.

La investigación sobre la tecnología pictórica de Ek´Balam en el periodo Clásico está orientada por algunas hipótesis que son derivadas de las observaciones realizadas durante la aplicación de procesos de conservación en diferentes temporadas de campo.

Estas se relacionan con dos hechos fundamentales: el hallazgo de múltiples capas de pintura detectadas sobre los aplanados de muros interiores dentro de algunas crujías de la Acrópolis y la detección de tonalidades variadas correspondientes a la superposición de capas de color. Por estos dos hechos se consideraron las siguientes hipótesis como los dos hechos fundamentales a comprobar por medio de la investigación:

- a) la superposición de capas pictóricas implica el probable uso de un aglutinante de naturaleza orgánica, lo cual indicaría el uso de una técnica pictórica al temple, aunque cabe la posibilidad de que el primer estrato haya sido aplicado con la técnica al fresco, lo que nos indicaría, entonces, la utilización de una técnica mixta; y
- b) el uso de la superposición de capas implica un perfeccionamiento en la técnica con una intención premeditada para lograr tonos diversos con limitados recursos materiales disponibles en la región de Ek´Balam. Siendo así, la existencia escasa de materias primas no representó una limitación para alcanzar una gama amplia de tonos y colores en las representaciones pictóricas. La mezcla de algunos pigmentos permitió a los artistas lograr colores y tonos muy variados que no se pueden obtener simplemente por el uso de un producto mineral u orgánico en su forma simple nativa (por ejemplo una tierra, mineral o arcilla que se encuentre en forma nativa en las cercanías del sitio).

De acuerdo con estas hipótesis iniciales se establecieron las etapas de investigación a seguir. Inicialmente se planteó el determinar la naturaleza de los materiales constitutivos de la pintura (el tipo de pigmentos, la detección de un aglutinante y la forma en que fueron aprovechados estos materiales para crear las representaciones pictóricas) y posteriormente realizar una reconstrucción hipotética de la técnica pictórica usada.

Datos generales del sitio y ubicación geográfica de la Zona Arqueológica de Ek´Balam

El sitio arqueológico de Ek´Balam se encuentra en la parte centro oriental de Yucatán a unos 190 kilómetros de Mérida, y a unos 20 kilómetros de la ciudad de Valladolid, cercano a los ejidos de Honukú, Ek´Balam y Santa Rita. Su nombre, en lengua maya significa jaguar oscuro o negro, aunque los hablantes locales también lo traducen como lucero-jaguar (Vargas y Castillo 1999: 26).



Figura 1. Vista de la Plaza sur de la Zona Arqueológica de Ek´Balam, desde la Acrópolis

Ek´Balam fue una ciudad en la época prehispánica con una extensión de 12 km². Cuenta con un recinto amurallado de 1.25 km² que se ubica en la periferia del conjunto arquitectónico más importante de la ciudad. En la parte central de este sitio se localizan los edificios más importantes rodeados por dos murallas concéntricas. Los conjuntos amurallados tienen cinco entradas, que también corresponden a igual número de sacbés o caminos antiguos, cuatro de los cuales fueron construidos en dirección a los puntos cardinales (Vargas y Castillo 1999: 26).

El sitio cuenta con varias estructuras arquitectónicas de diferentes dimensiones dispuestas en arreglos cuadrangulares alrededor de plazas centrales y rodeadas de una estructura amurallada. Existen dos sectores reconocibles en el sitio, la plaza sur y la plaza norte. Ambas plazas están formadas por edificios de diferente extensión y traza y comparten un juego de pelota. Cada conjunto (basamentos y monumentos pequeños y otras construcciones pirar dimensiones mayores, especialmente las Estructuras 1 y 2 del sitio, q considerarse entre las más grandes del norte de Yucatán según Varga (1999: 26).



Figuras 2 y 3. Vistas de la Acrópolis de Ek´Balam.

En la Plaza Norte del sitio se ubica el mayor de los dos edificios antes mencionados, denominada Acrópolis o Estructura No. 1. Esta estructura mide 160 metros de largo por 70 metros de ancho y 31 metros de altura. Este edificio es peculiar y complejo, según lo han caracterizado los arqueólogos que investigan el sitio (Vargas y Castillo 1999: 27).

Cuenta con numerosas etapas constructivas superpuestas, en las que hay una gran cantidad de cuartos abovedados, distribuidos en diferentes niveles y comunicados por un sistema de escalinatas y pasadizos (Vargas y Castillo 1999: 27). Su construcción en la época prehispánica se realizó a lo largo de varios años, en diferentes periodos se hicieron modificaciones, adaptaciones, remozamientos y los restos arqueológicos son una muestra de una larga y complicada práctica arquitectónica y decorativa del pasado en Ek´Balam.

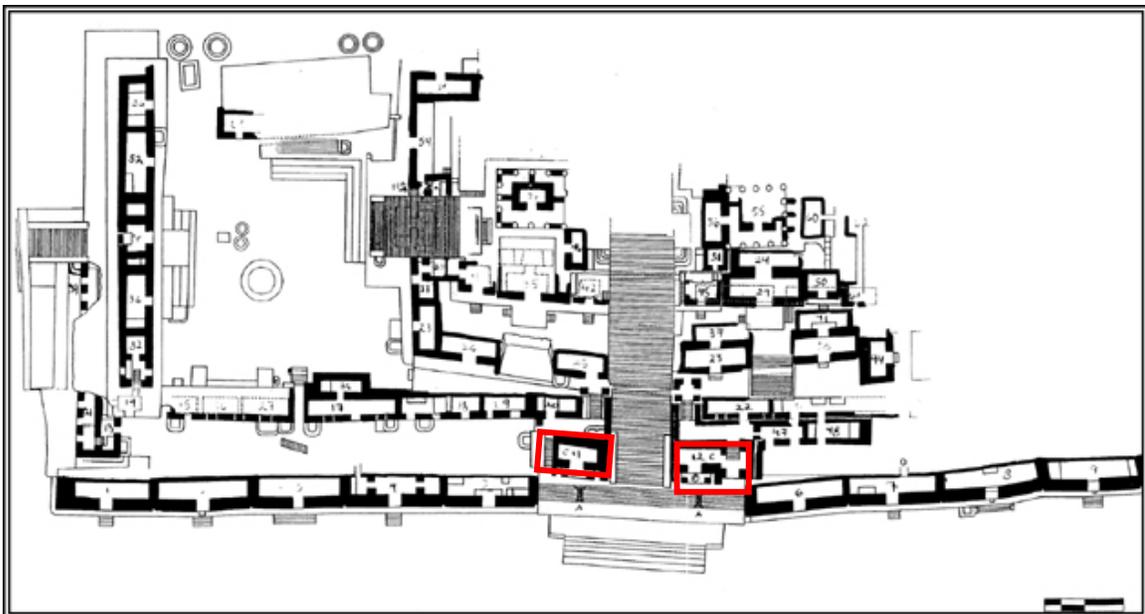


Figura 4. Croquis en planta de la Acrópolis de Ek´Balam. En recuadros rojos los cuartos 11 y 12 de donde se obtuvieron las muestras de pintura mural.

La Acrópolis de la zona arqueológica de Ek´Balam fue construida en el periodo Clásico Temprano, aunque todo lo que vemos actualmente pertenece al periodo Clásico Tardío (700-900 d.C). Su construcción y estilos han despertado el interés de especialistas para explicar el desarrollo cultural del sitio y sus manifestaciones a través de la arquitectura monumental y los recursos decorativos usados en ella. Aún cuando sus edificios tienen rasgos semejantes a los de otras regiones culturales, no corresponden a un estilo aún definido (Vargas y Castillo 1999: 29). La ornamentación es muy peculiar y variada con motivos representados en piedra labrada y en estuco modelado y policromo, o de una mezcla de ambos (Vargas y Castillo 1999: 30).

Los elementos decorativos y de recubrimiento con que cuenta la Acrópolis de Ek´Balam son de una calidad sobresaliente. Estos elementos decorativos son

parte de la arquitectura y fueron manufacturados tanto para proteger y revestir al edificio en todas sus partes (en exteriores e interiores de crujiás como aplanados, y en recubrimiento de pisos), como para ornamentar áreas de gran significado e importancia conceptual (altorrelieves, bajorrelieves en frisos, entradas de crujiás, banquetas, accesos a crujiás, esquinas redondeadas). La estructura no. 1 o Acrópolis está compuesta de cinco cuerpos escalonados y un acceso principal en la fachada sur a través de una gran escalinata central. El edificio también cuenta con accesos laterales al este y al oeste a través de escalinatas de menores dimensiones que descansan en basamentos de los diferentes cuerpos. Cada cuerpo consta de un basamento y templete con sus respectivas crujiás interiores, a los lados de la escalinata principal. En las fachadas de tales crujiás se localizan elementos decorativos con diseños figurativos de bandas zoomorfas y fitomorfas, y a veces geométricas, que recubren parcial o completamente los paramentos y frisos exteriores. Estos elementos decorativos sirven para enmarcar los vanos de las crujiás y la base de los paramentos de muros exteriores. En los frisos tradicionales de las bóvedas de templete se localizan también elementos geométricos decorativos y elementos exentos adosados a los elementos antes descritos.



Figura 5. Ubicación de la Zona Arqueológica de Ek'Balam en la Península de Yucatán (recuadro rojo)

Existen también decoraciones en banquetas, al interior de crujías, con diseños igualmente geométricos y representaciones simbólicas de elementos naturales (soles) y míticos (pirámides invertidas o serpientes estilizadas).

El hallazgo reciente de estos elementos*, su excavación, liberación y exposición para la apreciación directa de investigadores y visitantes tiene tan sólo diez años. Para el área de conservación del patrimonio arqueológico, como para el de arqueología, resultó importante poner en práctica un plan sistemático y permanente de conservación y estudio de estos elementos, ya que resultan determinantes para explicar el desarrollo estilístico, tecnológico y cultural de la región y del sitio mismo.



Figura 6. Vista del elemento pictórico en banqueta, representando un juego prehispánico.

Importancia y extensión de los vestigios de pintura que se conservan en la Acrópolis de Ek´Balam

La monumentalidad de la arquitectura y la calidad de los elementos decorativos en los edificios de Ek´Balam son una referencia directa para comprender cuán importante fue este lugar durante la época de esplendor maya.

Durante las temporadas de campo e investigación que se han realizado en el sitio, importantes vestigios de pintura mural han sido descubiertos y registrados. Dada la dificultad de conservar algunos de los vestigios de pintura mural a la intemperie, éstos se han conservado parcialmente enterrados o cubiertos. Por otro lado en algunas áreas de la Acrópolis algunos restos pictóricos se encontraron desprendidos de su soporte original y mezclados con los rellenos arqueológicos,

* Las tareas de excavación por parte del Centro INAH Yucatán iniciaron con la aprobación de un proyecto de investigación arqueológica en 1994, a cargo de la Arqueóloga Leticia Vargas, y continuaron en temporadas de diferente duración a partir de 1996 hasta el día de hoy.

esto debido al remozamiento que se practicó al edificio en varios momentos del periodo Clásico. A pesar de que estos elementos se encontraron separados de su soporte, los arqueólogos del sitio los recuperaron y ahora son fuente de información sobre la tecnología pictórica usada por los artistas del sitio. Gracias a los registros arqueológicos realizados por los arqueólogos Leticia Vargas y Víctor Castillo se tienen datos que permiten reconstruir y calcular la variedad y la extensión del programa pictórico de Ek´Balam durante su esplendor.

A continuación se presenta una tabla que contiene la descripción de los elementos pictóricos que fueron encontrados en el sitio y su localización con la intención de mostrar la variedad de estos elementos en la Acrópolis, así como resaltar la importancia que tenían estas decoraciones en el edificio.

Descripción y localización de los elementos pictóricos de la Acrópolis de la Zona Arqueológica de Ek´Balam⁵⁰

Localización	Descripción
Cuarto 6 de la Acrópolis	Tapa de bóveda pintada, manifestación del dios K y una fecha.
Escalinata principal de la Acrópolis, antiguo basamento	Figura central de un venado recostado, cubierto por una manta, a los costados dos personajes que se conservan de la cintura hasta los pies, y en las esquinas se observan unos árboles estilizados con unas serpientes enroscadas en ellos.
Cuartos 11 y 12 de la Acrópolis	Murales con hombres armados y con gestos fieros, parecen prepararse para una batalla, personajes que parecen ser cautivos, algunas representaciones naturales y otros elementos no identificados, todo esto enmarcado. Trazos en la bóveda con una franja de color verde y en otras secciones dos bandas de color azul y rojo. Paramentos de color rojo.
Cuarto 25 de la Acrópolis	Tapa de bóveda pintada, representación del dios K. El interior del cuarto parece haber estado pintado de negro.
Cuarto 26 de la Acrópolis	Presenta dos estratos pictóricos, el primero de color rojo con una banda negra y el segundo con la representación del dios K. El cuarto está pintado de negro. Existen grafitos dispuestos en líneas horizontales.
Cuarto 30 de la Acrópolis	Tapa de bóveda, trazos de color rojo representando al dios K.
Cuarto 33 de la Acrópolis	Tapa de bóveda, dios K con cuerpo de pájaro e inscripción. Al parecer techos, piso y muros del cuarto estuvieron pintados de color negro, al igual que la banqueta con relieve en estuco. Dos franjas de color azul.
Cuarto 34 de la Acrópolis	Tapa de bóveda, sólo se detectaron algunas líneas. Las paredes del cuarto pintadas de color negro y en la pared posterior se observan vestigios de círculos de color rojo. También se encontraron grafitos.

⁵⁰ Tabla 1. Descripción de los elementos pictóricos en la Acrópolis de Ek´Balam y su localización. Tomado de Vargas, Leticia y Víctor Castillo, "La pintura mural prehispánica en Ek´Balam, Yucatán" en Staines Cicero, Leticia (Coord.) *La Pintura Mural Prehispánica en México II Área Maya*, Tomo III y IV. UNAM-IIE, 2001, p.p. 403-418.

Cuarto 41 de la Acrópolis	Banqueta con relieve en estuco (soles estilizados) pintado con colores rojos y azules. Tapa de bóveda de la que se conserva muy poca pintura. Cuarto con aplanados negros.
Cuarto 38 de la Acrópolis	Tapa de bóveda con una compleja escena y banqueta con decoración en relieve en estuco de soles y diseños geométricos en color negro sobre fondo rojo. Interior del cuarto pintado de negro.
Cuarto 24 de la Acrópolis	Tapa de bóveda con un personaje y representaciones glíficas. Cuarto cubierto con aplanados de color negro.
Cuarto 28 de la Acrópolis	Tapa de bóveda, pocos rastros del diseño original.
Cuarto 46 de la Acrópolis	Tapa de bóveda, pocos rastros del diseño original.
Cuarto 45 de la Acrópolis	Tapa de bóveda, dios K y cartuchos glíficos. Huellas de un mural policromo.
Cuarto 33 ^a de la Acrópolis	Banqueta con la superficie pintada con líneas de color negro, un diseño geométrico formado por filas de cuadros, una especie de cuadrícula.
Cuarto 58 de la Acrópolis	Piso con una representación muy parecida a la banqueta del cuarto 33 ^a .
Jamba este del Cuarto 42 de la Acrópolis	Pintura mural completa, escena en el que se representa una construcción que en su parte central presenta una escalinata. Intervienen ocho personajes, siete fuera del recinto y uno en el interior. Hay un cartucho glífico asociado a cada uno de los personajes. Dos de los individuos tienen el cuerpo de color naranja, cinco con el cuerpo negro a excepción de las manos, pies y cara que son de color naranja y el último personaje completamente negro.
Cuarto 35 de la Acrópolis	Tapa de bóveda en la que se representa un personaje joven sentado en un trono formado por una cabeza de ratón y porta un tocado con la representación de una mazorca, frente a él se ubica una serie de cartuchos glíficos.
Cuarto 50 de la Acrópolis	Piso de estuco y parte inferior de los muros recubiertos de color negro. Mural distribuido en bandas, franja de color negro sobre la que se ubican bandas con personajes acompañados, algunos de ellos con bandas glíficas, delimitadas por listas de diferentes colores. Bóveda recubierta con aplanado de color verde
Cuarto 29-Sub de la Acrópolis	Panel jeroglífico pintado en la pared posterior. Consiste en varios textos, uno de ellos, pintado de color rojo, negro y azul.

Figura 7. Pintura mural en una jamba del cuarto 42 del cuarto cuerpo, sección oeste de la Acrópolis. Este tipo de representaciones no han sido muestreadas para evitar daños en su composición y materia. En cambio se han analizado fragmentos procedentes de los aplanados interiores de algunos cuartos para determinar la naturaleza de los pigmentos utilizados y la tecnología de aplicación.



Objetivos de la Investigación

El objetivo general del proyecto de investigación de la pintura mural de la Acrópolis de Ek'Balam es determinar los materiales constitutivos usados en las representaciones pictóricas e interpretar la tecnología usada antiguamente por los mayas del sitio para su manufactura durante el periodo Clásico Tardío.

Una serie de 33 muestras de diversos colores que completan la paleta cromática general de Ek'Balam fueron seleccionados para realizar los estudios de laboratorio. Los fragmentos de pintura mural fueron recuperados de las excavaciones practicadas dentro de las crujías 11 y 12 de la Acrópolis por los Arqueólogos Vargas y Castillo. Dichas crujías presentaban en sus rellenos arqueológicos gran cantidad de fragmentos de pintura mural que originalmente constituían el revestimiento interior de muros y que por propósitos de extensión del edificio fueron parcialmente destruidos en tiempos del periodo Clásico Tardío. Los cuartos fueron rellenados para aumentar la capacidad de carga necesaria para agrandar el basamento original, por lo cual se produjo el desprendimiento parcial de los enlucidos con pintura mural. Debido a que son pocos los vestigios que actualmente se encuentran completos e *in situ*, el proyecto de conservación determinó pertinente que no se tomaran muestras de esos elementos sino de los fragmentos recuperados y sin ubicación específica de los rellenos en los interiores de las crujías 11 y 12.

Los fragmentos de pintura mural recuperados se consideran fuentes de primera mano para estudiar la calidad de la pintura mural y su tecnología de manufactura, ya que fueron seleccionados de un conjunto amplio de muestra (más de 1000 fragmentos) que los arqueólogos recuperaron del contexto y en el que se ponderó una amplia gama de color y de tonos. Se considera que los 33 fragmentos son representativos de la técnica pictórica aplicada durante el periodo Clásico Tardío en el sitio ya que los tonos recuperados se han identificado en otros elementos pictóricos localizados *in situ* en la Acrópolis.

La dificultad de elegir una muestra representativa es uno de los problemas con el que el arqueólogo y el restaurador se enfrentan continuamente al analizar los elementos pictóricos prehispánicos. Dado que los análisis que se practican para determinar las técnicas de manufactura y los materiales constitutivos son procesos costosos y sofisticados es necesario que la muestra seleccionada en un estudio de esta naturaleza sea lo más representativa posible de un amplio universo. Consideramos que las muestras seleccionadas nos dan información general sobre los recursos utilizados por los artistas mayas para solucionar el programa pictórico para decorar la Acrópolis de Ek'Balam. En este caso particular la muestra seleccionada fue producto del análisis visual de un conjunto de más de mil fragmentos recuperados en la excavación. En la selección se eligieron los fragmentos que contaban con capas de color, pero sin diseños, con colores puros y con mezclas de colores. Cada muestra se seleccionó de un tamaño promedio aproximado a 3 cm² con la intención de dividirlos en fragmentos más pequeños para realizar diversos análisis de laboratorio, con esto el número final de muestras se multiplicó en función de las técnicas de análisis seleccionadas.

La determinación de los diferentes elementos que componen a la pintura mural (ya sean estos pigmentos, colorantes, arcillas, gomas, resinas, cal y piedra) son fundamentales para la interpretación de la tecnología de manufactura de la pintura mural. El conocimiento con los antiguos mayas contaban para la utilización de estos recursos y el dominio en su manejo y aprovechamiento durante la época prehispánica se refleja en la evidencia pictórica que se conserva en sitios arqueológicos como Ek´Balam.

Para poder comprender gran parte de este proceso de creación es elemental, primero, identificar cuáles fueron las materias primas y cómo se utilizaron sistemáticamente para crear la pintura mural, con ello es posible comprender los efectos que los artistas mayas de Ek´Balam querían producir en las representaciones pictóricas. Más adelante será factible determinar si existen diferencias técnicas entre las decoraciones utilizadas en los muros, pisos y bóvedas dentro del mismo edificio de la Acrópolis. Lográndose esto, sólo a partir de un primer acercamiento general a la pintura, al caracterizar sus cualidades a nivel macroscópico y microscópico, estamos más cerca de determinar cuál fue la técnica que usaban los artistas mayas y cómo esta técnica fue el resultado del perfeccionamiento del uso de los materiales disponibles en la región.

Características de las muestras de pintura mural seleccionadas para la investigación

A continuación se presenta una descripción realizada a nivel macroscópico de las muestras para demostrar la gran gama de colores y tonos que fueron logrados en la pintura mural de Ek´Balam.

A partir de la observación en microscopio estereoscópico las muestras se clasificaron en ocho colores principales: verde, amarillo, azul, rojo, naranja, púrpura o morado, gris y negro. Estos colores componen una variada paleta cromática que pueden reconocerse en muchos fragmentos de la pintura mural que revestían muros interiores, paramentos exteriores, frisos y otros elementos arquitectónicos de Ek´Balam.

En algunas muestras es posible identificar la superposición de capas de diferentes colores y la mezcla de colores básicos o primarios para crear los colores secundarios. Esto se corroboró más tarde con los análisis estratigráficos y con la identificación de algunos pigmentos.

MUESTRAS	Descripción de la capa pictórica
VERDE	
	Presenta dos tonos de color verde, el que está en mayor concentración es similar al verde limón, ligeramente amarillento. Mientras que el otro verde es más oscuro. Hay zonas donde se observa un color naranja en combinación con el verde claro, no es posible identificar con precisión que color esta sobre cuál, pero parece que es el verde sobre el ocre.
	Presenta dos colores diferentes: el naranja y el verde, siendo el segundo el más dominante. El tono verde se ve ligeramente amarillento, pero es relativamente oscuro. Hay zonas con mayor concentración de verde y en otras un tipo de capa delgada o veladura. El color naranja al parecer es el estrato sobre el que se aplicó el verde y también presenta zonas con mayor concentración de color que otras.
	Esta muestra presenta tres colores: naranja, verde y púrpura, estratigráficamente siguen el mismo orden en el que se mencionan. El color naranja esta en un 85% cubierto por el verde, por lo que sólo es posible observarlo en algunas zonas. El verde es del mismo tono que las muestra anterior, ligeramente oscuro y con una tonalidad amarillenta. El color púrpura corresponde a un traza lineal que se localiza al centro de la muestra, probablemente corresponde a los restos de un diseño específico, su tono es un poco rojizo.
	En esta muestra se observan dos colores: amarillo y verde. Se aprecia una mayor concentración del primero, el cual aparentemente fue cubierto por verde. El segundo color esta difuminado, de tal manera que en un área es una veladura muy delgada, aumentando su concentración hasta llegar a un verde mas intenso. El amarillo tiene dos tonos, uno más claro que otro, el oscuro es ligeramente naranja. El verde presenta zonas de coloración ligeramente azulosa, mientras que en otras es mas bien amarillenta.
	Esta muestra al parecer sólo presenta una capa de color verde. El tono es más oscuro y más seco que las muestras anteriores. Hay zonas en las que se llega a percibir tonalidades ligeramente naranjas.
3. AMARILLO	
	La muestra presenta en general el color amarillo. Se observan dos tonos, uno más claro y el otro mas intenso, al parecer estas tonalidades se dan por la concentración de pintura que hay en superficie. Hay una zona en la que se observa un tono verde sobre la capa amarilla, pero se ve como una veladura muy delgada.
	Se observan dos colores: amarillo y negro. El primero corresponde al fondo y por lo tanto se encuentra en toda la superficie de la muestra. El negro fue utilizado para trazar una línea como parte de un diseño o forma determinada. No es posible identificar con precisión cual es el orden estratigráfico de los colores, pero se puede suponer que sobre el amarillo fue aplicado el negro.
	Esta muestra en realidad presenta tres colores diferentes: amarillo, naranja y negro, se colocó en el conjunto de las amarillas por ser el que hay en mayor cantidad y además se encuentra en toda la superficie tanto abajo del anaranjado como del negro. El amarillo tiene una coloración muy intensa, con un tono ligeramente naranja; el color naranja también es muy intenso, con alto pode cubriente y de tono ligeramente rojizo; el negro se ubica sobre el amarillo y el naranja, por lo tanto fue el último color en aplicarse. Se usa para el trazo de una línea relativamente gruesa.

4. ROJO

	Es de un color rojo-naranja (semejante al rojo carmín), el tono es muy intenso y homogéneo en la superficie de la capa pictórica. No se observa ningún otro color en la muestra.
	Presenta un color rojo muy similar a la muestra anterior, con la diferencia de que en este caso es un poco más oscuro, sin embargo también se puede hablar de un rojo carmín. Presenta sobre el rojo una capa de color negra, la cual corresponde a un diseño.
	En esta muestra se puede observar que el tono es más similar al rojo óxido, no es intenso, de hecho se ve un poco blancuzco. Sobre el rojo se ve otro color, el cual es gris, al parecer cubría gran parte de la superficie roja.
	Esta capa pictórica sólo presenta un color en superficie, es rojo óxido, bastante concentrado, es opaco pero intenso. Es la única capa que puede observarse.

5. NARANJA

	Se observa una capa muy delgada de color naranja, el tono es claro, sin embargo con cierta intensidad y brillo. Sobre el naranja se observan dos líneas de color rojo óxido, no están muy concentradas y se ve que la aplicación es ligeramente velada, aprovechando el color del fondo para producir un tono determinado, es decir el rojo óxido ligeramente anaranjado.
	La capa pictórica de esta muestra presenta una coloración naranja ligeramente rojiza, es intensa y en algunas zonas tiene mayor concentración de color. Sobre el naranja se observan restos de pintura de color negro. Hay áreas de pérdida de color en las que se ve el enlucido blanco y liso.

6. PÚRPURA O MORADO

	Esta muestra es de color púrpura, al parecer sólo es una capa de color aplicada sobre el enlucido blanco. Hay algunas zonas con mayor concentración que otra. Se puede observar que existen áreas distribuidas heterogéneamente en las que, sobre el color púrpura, hay una veladura negra muy delgada. En la muestra se observa una pequeña zona de color rojo óxido con ligeras tonalidades púrpuras y otras naranjas. Entre el rojo y el púrpura hay una línea de color negro.
	Se observan tres colores en esta muestra, púrpura, naranja y negro, es difícil determinar el orden estratigráfico de la muestra, es decir, saber el orden en el que fueron aplicados. A grandes rasgos se deduce que el rojo es el primer estrato, le sigue el púrpura y finalmente el negro.

7. AZUL

	En esta muestra es posible observar dos tonos de azul, entre ambos la diferencia es muy ligera. El primero, al parecer, se aplicó directamente sobre el enlucido, es un azul ligeramente verdoso, muy intenso y brillante. Sobre este se observa el segundo tono, variando en oscuridad, un poco negruzco.
---	--

	Es posible observar dos colores: el azul que cubre toda la superficie de la muestra, y negro, el cual se distribuye heterogéneamente sobre el azul, generando un tono más oscuro, o bien muy concentrado generando una superficie negra intensa. El azul es claro y brillante.
	Presenta dos colores: azul y amarillo, el primero corresponde al fondo y el segundo a un diseño de trazo lineal. El azul es muy intenso y el color está bastante concentrado, tiene una coloración un poco verdosa, semejante al verde agua. El amarillo está aplicado como veladura ya que produce una coloración verde y además es posible ver el fondo azul a través de ella.
	Esta muestra sólo presenta un color azul muy concentrado e intenso, no se observa ningún otro estrato, tono o color.
	Se observan tres colores: azul, blanco y naranja, dispuestos en franjas acomodadas paralelamente, al parecer el fondo está logrado por el azul y el naranja quedando entre los dos el color blanco, bajo el cual es posible observar la presencia de los otros dos colores. El azul es muy intenso y brillante y está muy concentrado, mientras que el naranja es más bien claro y presenta cierta tonalidad azulosa.
	En esta muestra se puede observar un enlucido blanco y liso sobre el cual fue aplicado el azul intenso y brillante. Sobre este se observan dos líneas delgadas de color naranja amarillento, concentrado y finalmente en toda la superficie se observan partículas de color negro con mayor concentración en algunas áreas.

8. GRIS

	En esta muestra se pueden observar tres colores. El primero, es decir, el que está directamente en el enlucido, es de color café, no es muy intenso, es opaco y se distribuye en toda la superficie. Sobre el café se puede ver una capa de color gris claro, es opaca y muy homogénea la distribución de color. Finalmente se pueden identificar restos de color negro, que al parecer correspondían a un diseño, no cubrían toda la superficie de la muestra.
	En la superficie, el color gris, está aplicado directamente sobre el enlucido, es gris oscuro, más intenso y brillante que la muestra anterior. Se observa un delineado de color negro y otro café, en este color se identifican dos colores sobrepuestos: naranja y café.

9. NEGRA

	Se observan dos colores, el primero corresponde a una capa azul aplicada directamente en el enlucido, se detecta por la abrasión de la segunda capa pictórica, la cual cubre casi por completo a la capa azul. El segundo estrato es de color negro intenso, muy concentrado. Hay algunas zonas en las que se puede identificar una muy ligera tonalidad naranja.
	En este caso se observan dos colores: un rojo muy ligero y claro, la capa es muy delgada y está aplicada directamente sobre el enlucido; la segunda capa es de color negro y cubre casi todo el rojo, deja sólo una línea muy delgada sin cubrir. El negro es muy intenso y brillante con gran poder cubriente.

	Se pueden observar dos capas pictóricas, la primera corresponde a un color rojo carmín muy intenso y brillante y la segunda es una capa de color negro, también muy intenso y con gran poder cubriente. Hay una franja blanca en la que se puede ver una ligera capa de color rojo, que debido a lo velado del color, toma una tonalidad rosa. Junto a ésta se observa una línea de color negro.
	Existen dos capas de color, la mas superficial es de color negro muy concentrado, intenso y brillante, el cual fue aplicado sobre una capa de color naranja claro ligeramente blancuzco.
CON ENLUCIDO INFERIOR COLOR NARANJA	
	Azul-Morado. Presenta dos colores: azul en dos tonos y morado. El azul corresponde al primer estrato y se pueden observar dos tonos, uno mas claro y el otro más oscuro y ligeramente verdoso. Sobre el azul está aplicado el morado, al parecer esta capa cubría por completo al azul.
	Azul-Amarillo-Negro. Presenta tres colores, el azul del fondo, es muy claro y un poco verdoso (azul agua), cubre toda la superficie de la muestra. Sobre esta capa se observa un trazo lineal de color amarillo que debe corresponder a un diseño. Finalmente se observa una distribución heterogénea de partículas de color negro en casi toda la muestra.
	Azul-Café oscuro. Se observan dos colores: el azul, que es muy claro y debió cubrir toda la superficie de la muestra. El color café se ubica sobre el azul, es muy oscuro e intenso, se observa una capa muy concentrada, presenta una zona muy pequeña en la que se ven restos de color negro.
	Azul-Café claro. Igual que en la muestra anterior, se observa un fondo de color azul claro y sobre este la aplicación de un segundo color que corresponde a un café claro con una tonalidad un poco naranja, es intenso y está muy concentrado.
	Azul-Negro. El primer color corresponde a un color azul un poco claro y verdoso y sobre éste se aplicó el color negro sin cubrirlo totalmente, su distribución en la superficie es bastante heterogénea.

Estudios practicados para determinar las características de la pintura de Ek´Balam

Diversas técnicas de análisis han sido utilizadas para determinar los materiales constitutivos de la pintura mural de Ek´Balam y su tecnología. Para estos fines técnicas como espectroscopia infrarroja (IR), difracción de rayos X (XRD), microscopía óptica (MOP) y electrónica de barrido (MEB), fluorescencia de rayos X (XRF) y espectroscopia Raman, fueron seleccionadas para determinar la tecnología y los materiales usados en la manufactura de la pintura mural del periodo Clásico Tardío de Ek´Balam.

La ventaja del uso de estas técnicas de análisis es que actúan de forma complementaria entre ellas y permiten al conservador entender a una escala más amplia los materiales arqueológicos que son su objeto de estudio y su materia de trabajo. Adicionalmente, estas técnicas tienen un carácter no destructivo, y brindan información a diferentes escalas, con lo cual es posible determinar y comprobar, por distintas vías, el uso original de sustancias orgánicas e inorgánicas y a través de su estudio reconstruir la técnica utilizada en la antigüedad.

Las 33 muestras de pintura mural de aproximadamente 3 cm² fueron divididas en fragmentos muy pequeños para ser analizadas sin ninguna preparación previa, a excepción de algunos fragmentos que en técnicas como en la microscopía electrónica de barrido se recubrieron con una delgada capa de oro y con ello favorecer la incidencia de los electrones en la superficie, y también en microscopía óptica las muestras se prepararon y incluyeron en una resina polimérica para poder observar en preparaciones fijas las secciones transversales.

Las muestras fueron proporcionados directamente por la Arqueóloga Leticia Vargas de la Peña, Directora del Proyecto Arqueológico Ek'Balam. La selección de muestras procede del *Catálogo de Muestras de Pintura Mural General de Ek'Balam*, que ha sido conformado con fragmentos procedentes de excavación, especialmente de los recubrimientos de las crujías 11 y 12 de la Acrópolis y algunos otros cuartos como el 50. Para esta investigación se eligieron varias muestras de colores primarios y secundarios y sus tonos en diferentes intensidades, todas provenientes de los cuartos 11 y 12.

Para su análisis, las muestras se clasificaron en colores puros así como en mezclas donde se determinaron superposiciones de colores.

Antes de practicar cualquier análisis se eliminaron partículas de tierra y polvo de la superficie con un pincel de pelo suave para hacer más visible el color y se tomaron datos generales de las características físicas de cada fragmento en cédulas de registro estandarizadas.

Metodología de la investigación: técnicas de análisis utilizadas

Para decidir qué técnicas se debían usar para el análisis de cada una de las muestras fue esencial determinar inicialmente las hipótesis que se pretendían comprobar. Definidas las hipótesis: a) si se aplicaron varias capas de pintura sobre los aplanados de cal, entonces la técnica pictórica usada requirió del uso de un medio y aglutinante para fijar las capas de color a los sustratos subyacentes y b) si se colocaron capas de superpuestas de pintura para lograr algunos tonos y colores especiales, las materias primas disponibles en la región probablemente eran limitadas y la técnica que usaron los artistas fue producto de un perfeccionamiento en la tradición pictórica.

Una vez definido lo que se quería comprobar fue más sencillo elegir las técnicas más adecuadas para cumplir los objetivos inicialmente planteados. Con la intención de llegar a resultados más específicos se eligieron varias técnicas que al

practicarse simultáneamente produjeron información complementaria, esto permitió que se corroboraran algunos datos que resultaban inicialmente vagos. Esto permitió contar con más seguridad al momento de interpretar los resultados preliminares.

A continuación se presenta una breve descripción de los procedimientos seguidos en cada una de las técnicas de análisis que se aplicaron a las muestras y el tipo de información que se obtuvo a través de cada una de ellas.

- *Microscopia óptica (MOP)*

El microscopio óptico permite observar las muestras con diversas lentes de aumentos, a través de estas fue posible hacer un reconocimiento detallado de las características microscópicas de la superficie de la capa pictórica de cada muestra. Así mismo se observó la disposición de los estratos y la topografía de las diferentes capas que conforman la pintura a través del examen de cortes transversales.

Antes de realizar el estudio de los cortes estratigráficos y poder determinar las diversas capas o estratos pictóricos fue necesario hacer observaciones en el microscopio estereoscópico para elegir las zonas que serían incluidas transversalmente. Cada fragmento seleccionado se incluyó en una resina transparente, incolora y capaz de endurecerse homogéneamente en un corto tiempo (en este caso se utilizó resina poliéster). La inclusión se realizó en un contenedor deformable, dentro del cual se vertió la resina y se dejó endurecer parcialmente. Con ayuda de un instrumento muy fino se colocó la muestra en posición vertical dentro del polímero, procurando que no se moviera hasta producirse el fraguado total como se indica en la bibliografía especializada (Matteini, 2001 :29). Una vez incluida la muestra en la resina, la inclusión se abrasionó en la superficie por medio del pulido hasta llegar al nivel del corte, para esto se emplearon lijas de distintas granulometrías, comenzando por la más gruesa y terminando con la más fina.

Una vez obtenidos los cortes transversales de cada muestra se observaron en aumentos de 5x, 10x y 20x en un microscopio óptico Leica DMLM perteneciente al Laboratorio de Química de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía del INAH.

Cabe destacar que a través de los cortes se determinó, de manera general para todas las muestras, que las capas de pintura eran muy poco densas, se observó que las capas son muy delgadas y “aguadas”. En muchos casos la capa de pintura no penetra en el soporte que las contiene. Se observan claramente las superposiciones de capas de diferente color y en algunos casos ciertos colores muestran una mezcla de partículas de colores diferentes (ocre y verde por ejemplo) para la creación de un color secundario. En general resultó difícil determinar las diferentes capas que usualmente forman el soporte de la pintura mural, como es el distinguir entre aplanados y enlucidos finos, o entre diferentes enlucidos finos. Gracias al uso de esta técnica pudieron determinarse capas intermedias de colores planos que subyacen bajo capas de enlucidos muy delgados (de 2 micras) y capas mixtas de color. Fue posible determinar los

componentes estratigráficos, el color de cada uno de ellos, y su disposición en un arreglo complejo.

- *Microscopia electrónica de barrido (MEB)*

Una vez concluida la observación de las muestras en el microscopio óptico se practicó la microscopia electrónica de barrido a cada muestra para verificar la disposición o arreglo de las partículas cristalinas, el tamaño de partículas y las huellas de aplicación. Simultáneamente en algunas de las muestras analizadas se practicó un análisis por microsonda con la intención de tener pistas más seguras sobre los elementos que más tarde se identificarían por difracción de rayos X. Para estos fines se utilizó un microscopio electrónico de barrido de bajo vacío JEOL JSM5900LV con sonda de análisis elemental por espectroscopia de dispersión de energía de rayos X (EDS) perteneciente a la Gerencia de Materiales del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

El principio del microscopio electrónico de barrido se basa en la utilización de ondas electrónicas, en lugar de ondas luminosas y, por lo tanto, en el empleo de un óptica electromagnética. En el microscopio electrónico de barrido la imagen se forma por una secuencia temporal de efectos, los electrones no atraviesan la muestra sino que al tocar la superficie se produce la formación de otros electrones secundarios que emergen por cada uno de los puntos de la superficie de la muestra (Matteini, 2001 :77).

El microscopio electrónico de barrido se utiliza principalmente para estudiar la superficie de las muestras. En esta investigación se utilizaron tres aumentos estándares para la observación de todas las muestras: 500X, 1000x y 2000x, aunque en los casos necesarios se usaron hasta 8000 aumentos. Las imágenes que ofrece esta técnica son totalmente realistas, muestran la disposición de las moléculas de los compuestos que forman la superficie y cuenta con un elevadísimo grado de definición, además, la representación que ofrece del objeto es tridimensional (Pollard y Heron, 1996: 50). Las muestras analizadas por esta técnica no requieren ser perfectamente planas, lo que evita problemas de profundidad de campo. Gracias a la emisión secundaria de electrones sobre cada punto del objeto, su imagen puede ser reproducida con una cierta independencia de su posición respecto a un plano. De hecho la intensidad de los electrones secundarios a través de la superficie refleja la topografía de la superficie de forma muy precisa. El único requisito que debe presentar la muestra, es que toda la superficie analizada tenga un potencial eléctrico constante, a fin de que la emisión secundaria se verifique correctamente (Matteini, 2001 :78), factor que en algunas capas de pintura no se logró por la naturaleza orgánica de los materiales constitutivos (especialmente en azules y verdes), en tales casos se procedió a cubrir la superficie con una película de oro con la intención de favorecer la emisión de señal necesaria para la detección.

De la observación de las muestras con esta técnica se obtuvo información muy interesante. Las capas pictóricas en muchos casos son muy delgadas y la potente emisión de la señal producida por el soporte de estuco (calcita) en algunas

ocasiones obstruía o anulaba la débil emisión de las capas de color. En algunos casos pudieron identificarse las partículas minerales que constituían a los pigmentos típicos como el negro (carbón) y el rojo (óxido de hierro y el cinabrio). En los colores que tienen su origen en una mezcla de materiales orgánicos con inorgánicos la definición y determinación de la disposición de las partículas fue más compleja. Sin embargo, fue posible observar los componentes inorgánicos (arcillas). En algunas muestras se observó la presencia de algún material amorfo, presente en cantidad representativa en la parte interior de los soportes de las muestras, así como en las capas de color; ésta sustancia se asoció con un material de naturaleza orgánica usado probablemente como un aglutinante o medio de la pintura.

- *Espectroscopia Raman*

Los espectros Raman son obtenidos empleando un espectrómetro con rayo láser de 780 nm ondas de longitud. Las partículas a identificar son enfocadas con el láser usando lentes de 5x 20x 50 x y 80x, permitiendo una resolución espacial hasta de 1 μ m (Vandenabeele, 1999 :1). Las radiaciones Raman se detectan y se obtiene un espectro de los compuestos que conforman la muestra, estos son comparados con los espectros de un banco de datos, de tal forma que a partir de la comparación, se determinan cada uno de los compuestos (Vandenabeele, 1998 :170). Este análisis está basado en provocar una vibración molecular que es particular a cada compuesto, al igual que la espectrometría infrarroja. Es una prueba no destructiva y además es posible identificar tanto materiales orgánicos como inorgánicos. Las muestras no requieren de una preparación especial.

Para esta investigación se utilizó un equipo Renishaw System-1000 equipado con una fuente de láser de 50 mW y un microscopio Olympus BH-2 con un detector Peltier, los análisis se realizaron en el Laboratorio de Química Análítica de la Universidad de Ghent.

- *Fluorescencia de rayos X (FRX)*

El principio de esta técnica es generar la excitación de los átomos de los elementos que constituyen la muestra cuando se bombardean con rayos X primarios (producidos por un tubo catódico). La longitud de onda y la intensidad de la radiación de fluorescencia son proporcionales a la identidad y a la concentración del elemento que la han provocado (Matteini, 2001 :138). La TFRX es considerada una técnica tanto cualitativa (según la longitud de onda de los rayos X secundarios) como cuantitativa (de acuerdo a la intensidad de dichos rayos), siendo estos últimos menos precisos, lo que permite conocer el tipo de elementos que conforman las muestras y el porcentaje en que se encuentran (Ferretti, 1993:13). Este tipo de técnica permite el estudio de todos los elementos cuyo número atómico se encuentre entre 11 y 92. Es tan sensible cualitativamente hablando que permite identificar elementos presentes en una mezcla en proporciones de pocas partes por millón (Matteini, 2001 :135).

Esta técnica se empleó para complementar la información obtenida del EDS (espectroscopia de dispersión de energía por rayos X), identificando nuevamente

la composición elemental de los compuestos inorgánicos de las muestras: pigmentos y componentes del soporte. Se utilizó un espectrómetro de fluorescencia de rayos X construido en el Instituto de Física de la UNAM en el laboratorio del acelerador del Pelletrón.

Mediante esta técnica se comprobó la naturaleza de algunos pigmentos que se identificaron por medio de Difracción de Rayos X, así como la naturaleza del soporte de la pintura. Es una técnica ideal para determinar los materiales constitutivos menores y mayores de las muestras. La ventaja del equipo de análisis es que tiene un soporte portátil en el que pueden colocarse muestras de un tamaño mediano y grande; fragmentos de hasta 3 cm² pudieron colocarse en el brazo portátil y analizarse en cuestión de minutos, además de tomar una fotografía instantánea de la superficie analizada. Los resultados obtenidos por medio de esta técnica coincidieron con los obtenidos por difracción de rayos X y microsonda electrónica.

- *Difracción de rayos X (DRX)*

El principio básico de la difracción es bombardear con rayos X los planos cristalinos que constituyen a los minerales que forman la muestra y la determinación de la naturaleza químico-cristalográfica de las sustancias analizadas (Matteini, 2001 :131). La estructura cristalina de las sustancias sólidas es capaz de provocar fenómenos de difracción cuando incide sobre ella un haz de rayos X específicos en un determinado ángulo. La difracción de los diferentes planos cristalinos, produce una serie de reflejos que difieren en su posición e intensidad y constituyen, en su conjunto, un perfil característico del cristal que lo ha provocado (Pollard y Heron 1996: 153). Esta característica hace que el espectro de la difracción sea una clase de huella dactilar de un material cristalino, lo que es aprovechado para determinar la extensión de la presencia del material detectado y su abundancia en la muestra analizada (Ferretti, 1993 :40).

La difracción de rayos X permite realizar análisis cualitativos y semi-cuantitativos y cristalográficos de cualquier sustancia cristalina. Este análisis fue utilizado para identificar los compuestos minerales que se localizan en cada muestra, básicamente los correspondientes a pigmentos y la composición del soporte de la pintura mural. Las muestras se colocaron en un portamuestras portátil que se inserta directamente en el difractor de rayos X, marca Phillips modelo D5000 perteneciente de la Gerencia de Materiales del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, sin preparación alguna. El tiempo de conteo fue de 33 minutos para cada muestra con la intención de detectar compuestos minerales poco abundantes.

- *Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier. (FTIR)*

Esta técnica espectroscópica, analiza las vibraciones moleculares, basándose en el principio del movimiento armónico simple. A cualquier temperatura por encima del cero absoluto, los osciladores armónicos simples que constituyen una molécula vibran. Cuando se emplea luz infrarroja (al mismo rango de frecuencia de vibración que se produce en la molécula) para radiar la molécula en vibración,

se absorben aquéllas frecuencias de luz que sean exactamente iguales a las frecuencias de los distintos osciladores armónicos que constituyen a dicha molécula. Cuando la luz es absorbida, los pequeños osciladores de la molécula, seguirán vibrando a la misma frecuencia, pero dado que han absorbido la energía de la luz, tendrán un amplitud de vibración más grande. La luz que no fue absorbida por ninguno de los osciladores de la molécula, es transmitida desde la muestra hacia un detector y una computadora analiza y determina las frecuencias que fueron absorbidas.

Este análisis permite el reconocimiento cualitativo de una amplia gama de materiales. Se obtienen espectros de absorción de sustancias orgánicas y de aquellas inorgánicas que contienen iones poliatómicos y la identificación de los componentes químicos de la muestra (Matteini, 2001: 107).

La espectroscopia infrarroja se utilizó especialmente para rastrear la naturaleza del color verde de las muestras, comparado con el color azul maya. Se utilizó un espectroscopio de infrarrojo marca Nicolet Modelo Nexus 670 de la Gerencia de Materiales del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.



Figura 8. Apariencia de las muestras de pintura mural antes de ser analizadas.

Resultados preliminares obtenidos del análisis a las 33 muestras de pintura mural

A continuación se presentan los resultados preliminares sobre el análisis practicados a las muestras de pintura mural de los cuartos 11 y 12 de la Acrópolis.

a. Soporte de la pintura mural

Utilizando el análisis de espectroscopía Raman, la fluorescencia de rayos X, la difracción de rayos X y la microscopía electrónica de barrido se determinó que la base de preparación de la pintura es una capa muy delgada de carbonato de calcio con un porcentaje considerable de partículas minerales de sílice y aluminio. No fue posible diferenciar en cada una de las muestras una capa delgada de enlucido y otra inferior de aplanado con características más porosas o con partículas de un tamaño más significativo, aunque en solo un par de muestras estos dos estratos si son diferenciables.

Especialmente el ion de CO_3^{2-} fue fácilmente observado y detectado, principal constituyente de un enlucido o aplanado de carbonato de calcio. Esto es natural en la pintura mural maya, que presenta un delicado aplanado o revestimiento de estuco, muy bruñido que recibe directamente el color. Llama la atención que la capa más fina y en contacto con los diversos colores de pintura mural muestran un alto contenido de sílice y aluminio, probablemente debido a una mezcla de carbonato de calcio con partículas de arcilla, probablemente para hacer a este estrato más plástico, flexible y poco permeable a las diferentes capas de color. Por otro lado, en la microscopía electrónica se identificaron áreas en donde esta

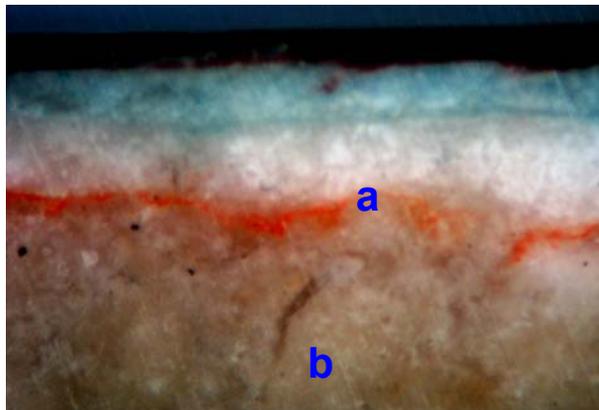


Figura 9. Se observa entre las capas de color azul y rojo un enlucido de estuco muy fino (a), compacto y blanco, y por debajo de la capa de color rojo se observa un aplanado (b) de textura más burda y de color crema, de partícula más gruesa que el enlucido superior.

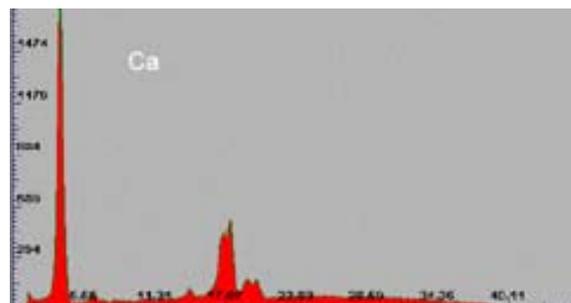


Figura 10. Espectro obtenido en fluorescencia de rayos X al analizar la capa de enlucido de estuco fino que soporta las capas de pintura.



Figura 11. Micrografía que muestra una sustancia amorfa que envuelve y rodea a los cristales de calcita. MEB 3000 x. 20 kV.

matriz de cristales de calcita está mezclada con una sustancia amorfa, que envuelve a los cristales y que podría relacionarse con el posible uso de un aditivo de naturaleza orgánica para la preparación de la pasta de estuco del enlucido. Esta matriz parece estar distribuida homogéneamente entre los cristales de calcio, sílice y aluminio.

• Rojos

Existe una variada calidad de rojos, desde el rojo oscuro, casi siena tostada, hasta el rojo sangre, naranja y rosa. Estos colores tienen su origen en el óxido de hierro (Fe_2O_3), siendo éste compuesto el componente principal. Se trata de un pigmento muy estable, durable y permanente, ampliamente elegido para decorar muros completos en Ek'Balam, pilastras y representaciones pictóricas. En algunas ocasiones se encuentra mezclado con otros colores, como el azul o el negro, para producir tonos más oscuros y cubrientes. En general muestra un gran poder cubriente y una alta resistencia a la luz y estabilidad química.

Adicionalmente se determinó otro rojo, más brillante, que se identificó como cinabrio (HgS) mediante difracción de rayos X, Raman y fluorescencia de rayos X. El cinabrio ha sido ampliamente usado en contextos rituales en el área maya, para decorar diversos artefactos e incluso restos mortuorios. Sin embargo, su uso no se había reportado en pintura mural. El pigmento se encontró como mineral, y pudo ser aplicado directamente al enlucido de

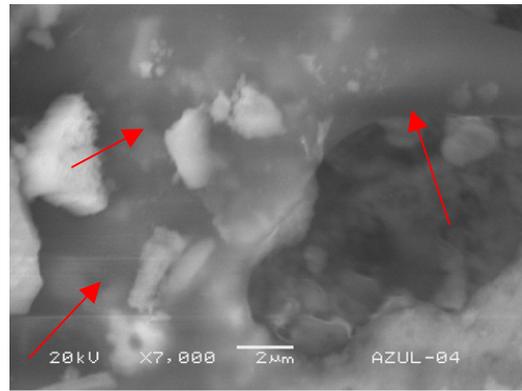


Fig. 12 Micrografía donde se observa la probable zona correspondiente a una sustancia amorfa que podría relacionarse con el uso de un medio a aglutinante orgánico. MEB 7000 x. 20kV.



Figura 13. Corte estratigráfico de rojo. MOP 10x.



Figura 14. Corte estratigráfico de naranja. MOP 10x



Figura 15. Corte estratigráfico de amarillo y sobre este color rojo. MOP 20x



Figura 16. Corte estratigráfico de rojo brillante (cinabrio). MOP 20x.

carbonato de calcio después de haberse molido finamente, ya que las partículas son considerablemente pequeñas.

Por otro lado se sospecha del uso de un colorante rojo, que fue imposible de identificar hasta el momento. Cuando se hicieron observaciones a través del microscopio óptico se determinaron algunos cristales rojos, pero dada su fluorescencia, ningún espectro Raman pudo obtenerse. Cuando se sometieron estos cristales a rayos láser por varias horas, la cantidad de fluorescencia se reducía, resultando en bandas distinguibles de carbonato de calcio CaCO_3 , esto quizás sugiere que el colorante fluorescente rojo se precipitó en los cristales de carbonato de calcio para producir un tono diferente,

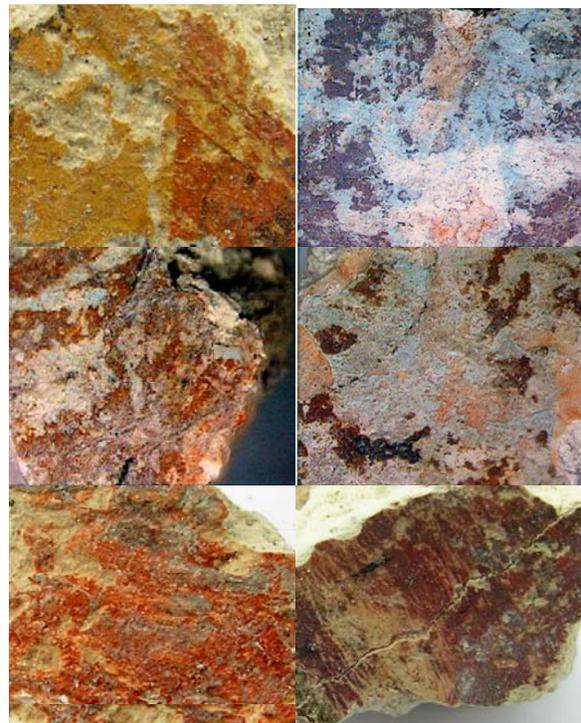


Figura 17. Diferentes tonos de color rojo, vino y naranja.

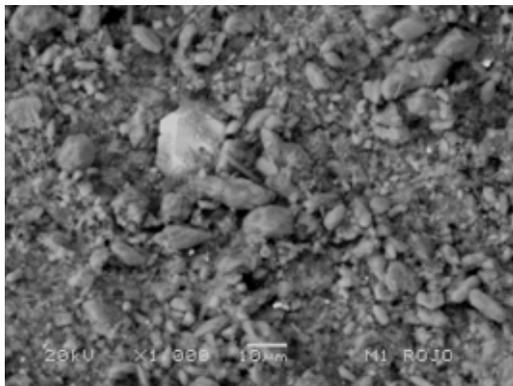


Figura 18. Micrografía del aspecto de la superficie de color rojo. 500 x. 20 kV.

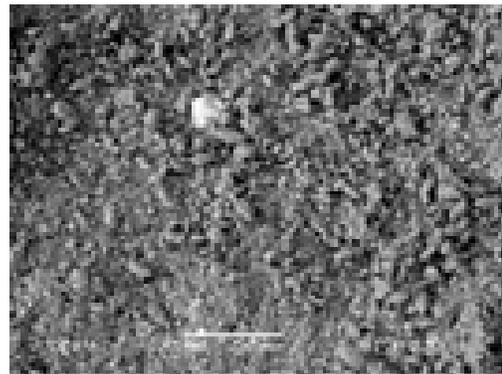


Figura 19. Micrografía del aspecto de la superficie de color naranja. 500 x. 20 kV.

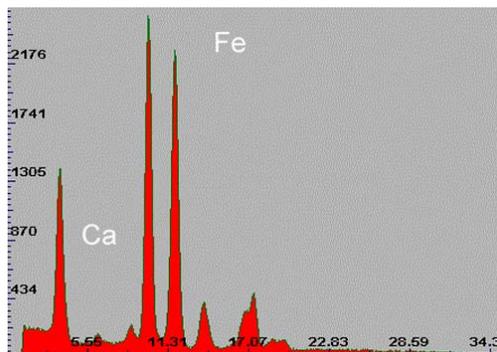


Figura 20. Espectro obtenido en la fluorescencia de rayos X del color rojo.

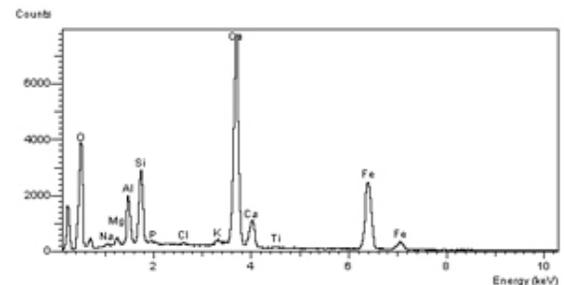


Figura 21. Espectro obtenido en análisis por microsonda EDS del color rojo.



Figuras 22 y 23. Aspecto de la superficie de pintura mural de color rojo que fue caracterizada como cinabrio.

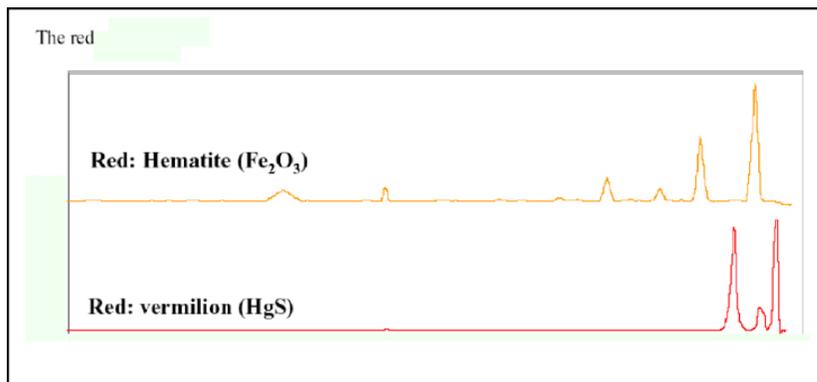


Figura 24. Espectro obtenido en Raman para el rojo de óxido de hierro y el rojo bermellón o cinabrio.

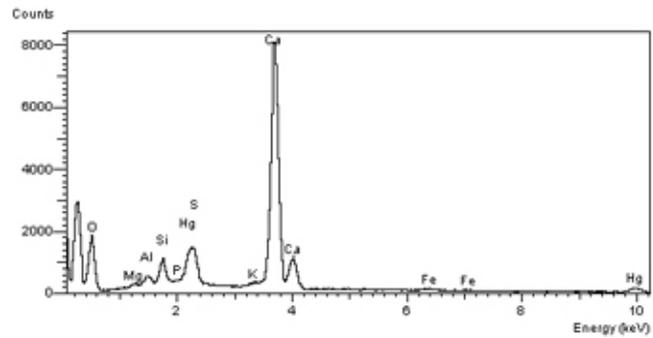
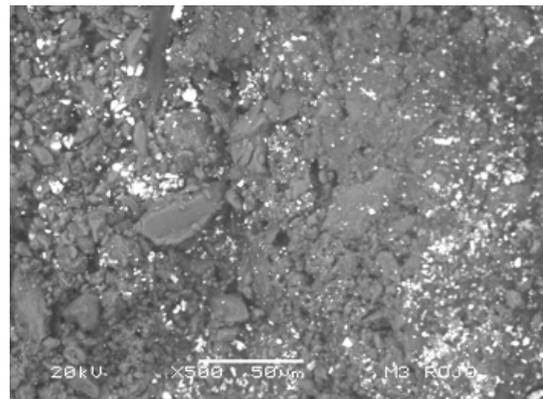
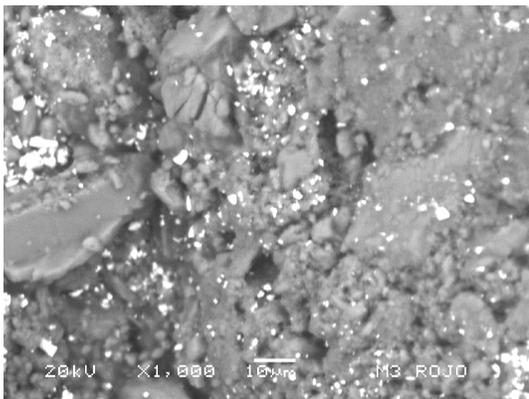


Figura 25. Espectro obtenido en el análisis por microsonda EDS en el que se identificó el cinabrio.



Figuras 26 y 27. Micrografía de la superficie del cinabrio. MEB 500 y 1000 x. 20 kV.

• Azules

Las muestras de azul fueron caracterizadas mediante fluorescencia, difracción de rayos X, Raman y microscopía electrónica, en todos los casos se identificó como el color azul maya. En Raman se identificó el espectro del índigo. En difracción y fluorescencia se obtuvieron los espectros de la matriz de palygorskita $[(Mg,Al)_2Si_4O_{10}(OH) \cdot 4 H_2O]$ o tzacalum mezclado con índigo. El tzacalum es una arcilla muy abundante en la península de Yucatán en la zona cercana a Mérida, de color blanco y de gran pureza. Para colores mixtos el azul maya fue mezclado con hematita para producir tonos más oscuros y cubrientes. En microscopía electrónica de barrido se identificaron las estructuras aciculares típicas de la matriz de palygorskita. Una de las propiedades más famosas de este pigmento es su estabilidad ante la luz y las sustancias ácidas. La naturaleza del azul maya ha sido objeto de amplias discusiones. Por muchos años se discutió si el origen de este era mineral u orgánico. En los años sesentas, Gettens demostró con difracción de rayos X que el principal componente de este pigmento es la palygorskita, mientras Shepard mencionó la posibilidad de un componente orgánico en este material. En 1966 van Olphen encontró varias rutas posibles para sintetizar este material. Algunos trabajos experimentales han demostrado que el sistema tradicional para sintetizar el pigmento consiste en remojar las hojas y tallos nuevos de la indigófera durante una o varias noches en una

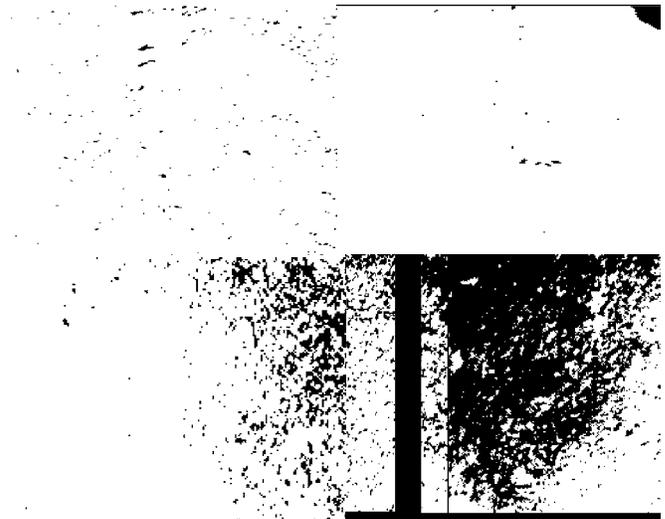
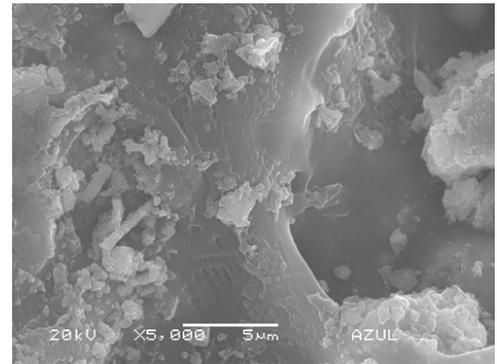
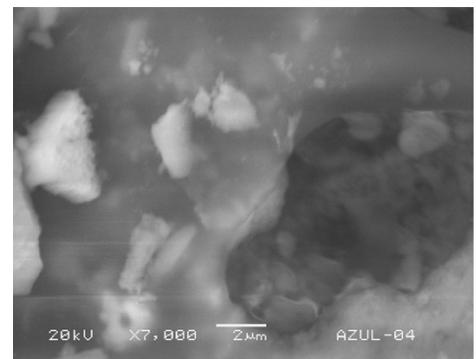
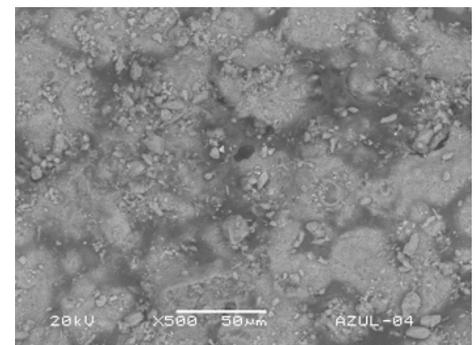


Figura 28. Aspecto de los diferentes tonos de azul.



Figuras 29, 30 y 31. Micrografías del color azul maya. Fibrillas correspondientes a la arcilla que se utiliza para su manufactura. En la micrografía 30 se observa una matriz amorfa entre las partículas de calcita y las agujas de arcilla. MEB 1000, 15,000 Y 7000x.



suspensión de agua y arcilla. El material más grueso se separa por filtración y la suspensión de arcilla se mezcla intensamente para ventilarla y oxidar la molécula de índigo. Después de la filtración, la arcilla se calienta y esto produce un color azul, desde el turquesa hasta el verde. Otra manera de sintetizar el pigmento es calentando la arcilla con el índigo, buenos resultados se han obtenido calentando a 190° C una mezcla de arcilla con 10% de índigo durante 5 horas.

Casi todas las bandas del espectro Raman obtenidas pueden ser atribuidas a la molécula de índigo.

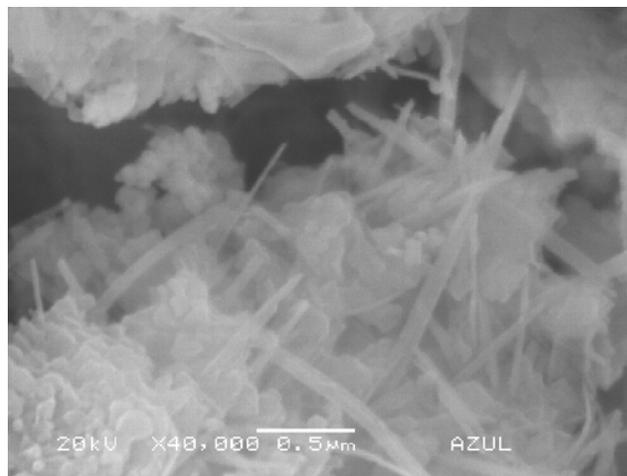


Figura 32. Aspecto acicular de las arcillas de tzalum que forman el color azul maya.

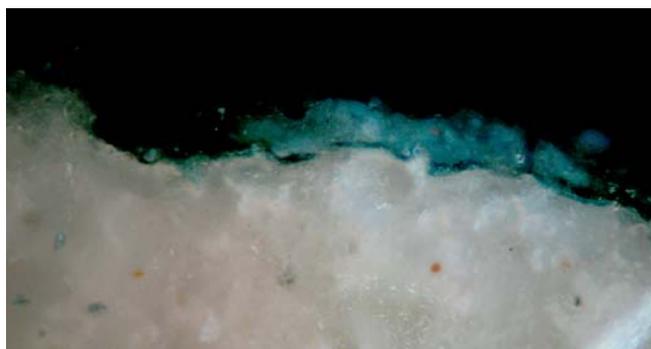


Figura 34. Corte transversal del color azul.

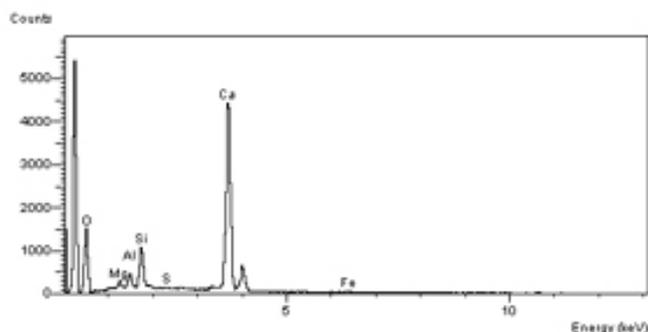


Figura 33. Espectro obtenido del azul maya por microsonda EDS.

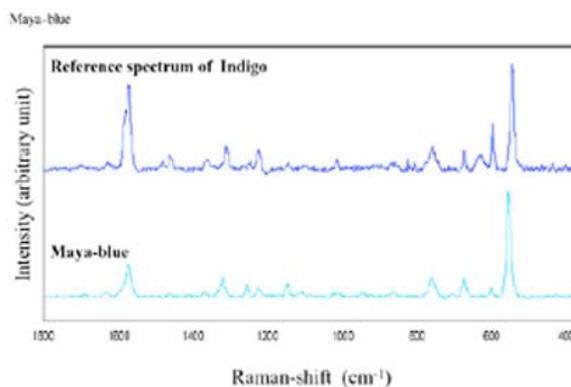


Figura 35. Espectro obtenido del azul maya por Raman del índigo y del azul maya.

• Verdes

El verde muestra un espectro Raman similar al azul maya, aunque la diferencia entre ambos colores es notoria por medio de otras técnicas de análisis, como es el caso de difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido. Por los resultados obtenidos es posible afirmar que el origen del verde es predominantemente orgánico. Dado que los resultados no son aún concluyentes, se tienen tres hipótesis sobre el posible origen del verde.

A) Modificación del proceso de manufactura original del azul para lograr un tono verde. Ya que en algunas muestras se observa una composición similar a la encontrada en el azul maya, probablemente en tales casos el color verde está generado por diferencias en la proporción de índigo con respecto a la cantidad de arcilla que sirve de soporte de color y esto resulta en que el color predominante sea verde y no azul. Se han hecho algunas experimentaciones y como resultado se tiene que si la proporción de índigo es pequeña entonces el pigmento obtenido se acerca más a un tono verde que a un tono azul. Haciendo variaciones en la proporción de colorante con respecto a la arcilla se ha visto que el efecto se produce notoriamente si la cantidad de colorante disminuye y si éste, además se remoja en agua por cortos periodos de tiempo.

En algunos casos, al examinar mediante espectroscopia Raman los fragmentos de verde, algunos cristales amarillos fueron identificados como azul maya,

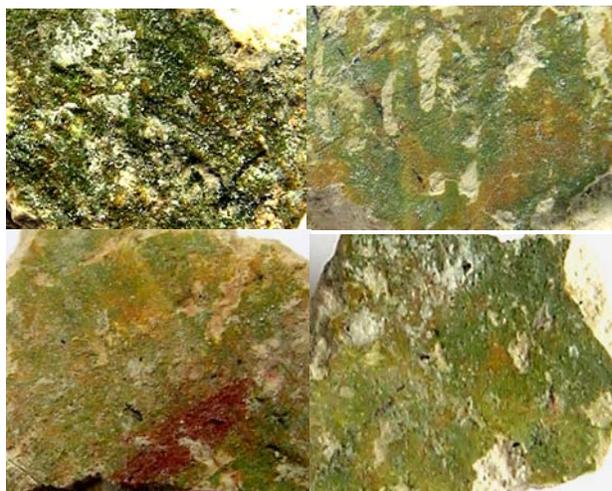
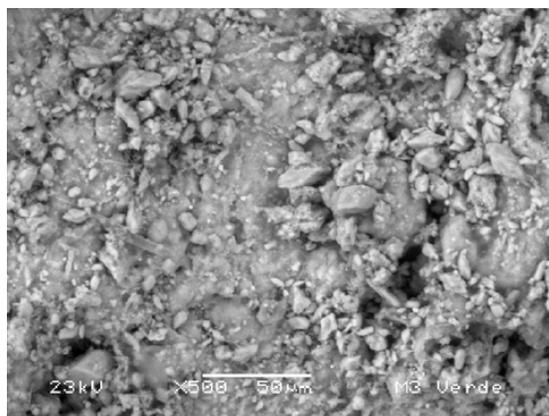
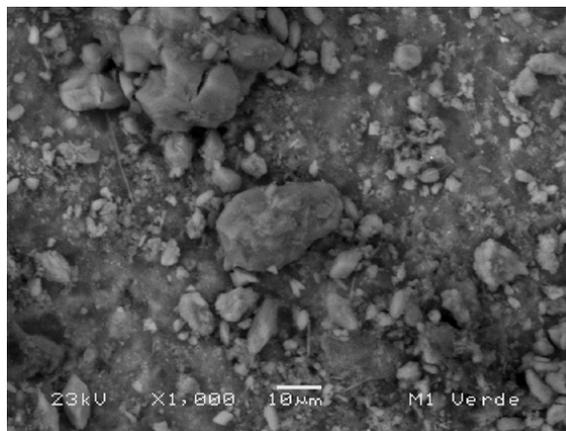


Figura 36. Aspecto de la superficie de varias muestras que presentan diferentes tonos de verde.



Figuras 37 y 38. Micrografías donde se observan algunas estructuras cristalinas y aciculares procedentes del color, similares a las encontradas en el azul maya. 500 y 1000 x. 20 kV.



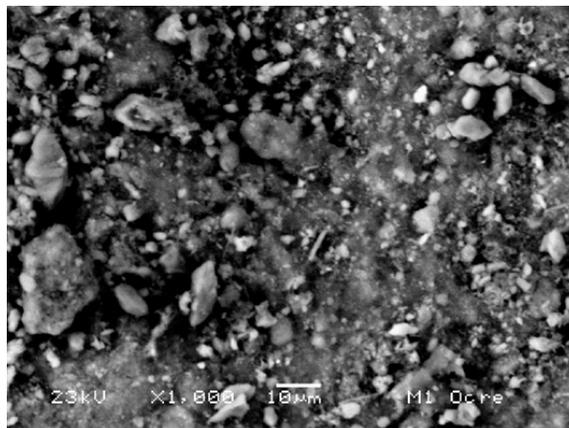
probablemente debido a que la oxidación de la mezcla de índigo y arcilla fue incompleta y que la molécula de índigo quedó atrapada y reducida dentro de la estructura cristalina de la arcilla (leuko-índigo). Existe también la posibilidad de un pigmento basado en el índigo y la mezcla con un colorante amarillo (Lucas 1962).

Por otro lado, esto puede estar confirmado por lo observado en algunas muestras de verde en microscopía electrónica de barrido, en las cuales se detectó una red de cristales de calcita con un conjunto de fibrillas aciculares del tipo de la palygorskita. Este arreglo muy compactado también tiene presentes otras estructuras esféricas no reconocidas en el azul maya. No obstante, las agujas en el verde son de un tamaño considerablemente menor a las encontradas en el pigmento azul, solo pudieron observarse a 5000 aumentos.

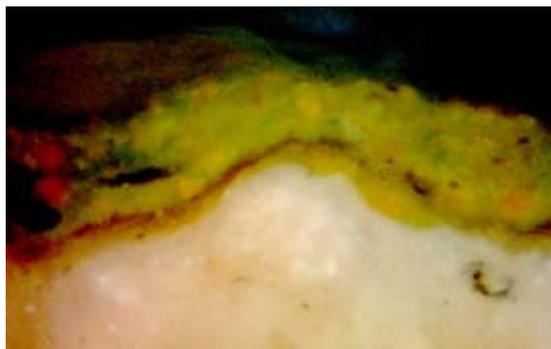
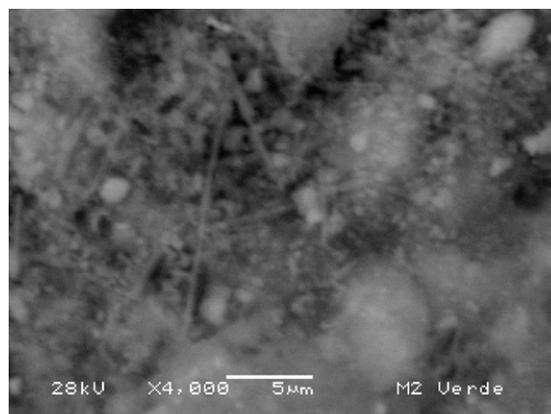
Una de las características notables de este pigmento es que muestra una muy pobre resistencia a la luz y al ataque de sustancias químicas como ácidos. Incluso es soluble en agua y en etanol. Esta inestabilidad química lo hace mucho más vulnerable al ataque químico y al deterioro por intemperismo, otra gran diferencia con respecto a las propiedades del azul maya.

Este comportamiento puede asociarse, no obstante, al proceso de manufactura modificado del azul, en el cual no se alcanza la estabilidad química que ofrece el proceso completo.

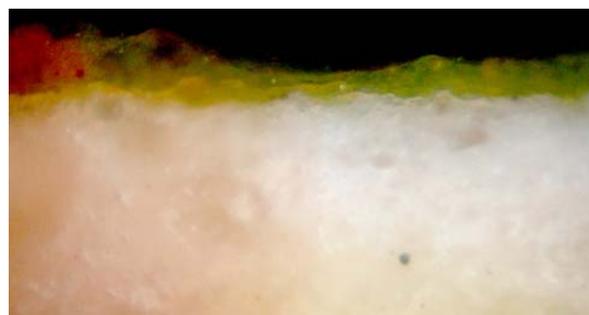
B) Utilización de una arcilla como soporte de un colorante vegetal. Se



Figuras 39, 40. Cortes transversales del color verde. MOP 20x.



Figuras 41 y 42. Cortes transversales de capa pictórica verde. En la figura 41 se observa una capa gruesa de color verde con algunos cristales de color amarillo, y una capa subyacente color rojo, y abajo de esta una color amarillo. En la figura 42 se observa una capa de



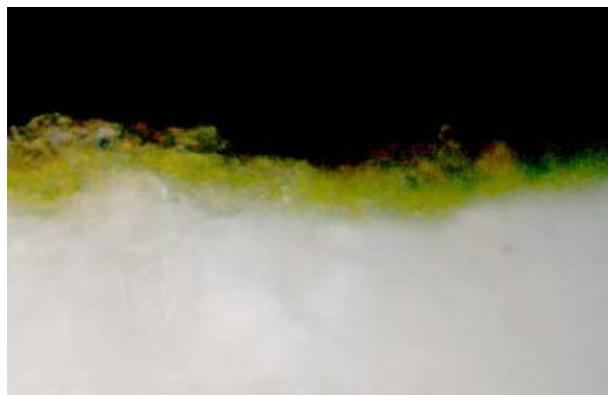
han realizado experimentaciones preliminares sobre la extracción de un colorante vegetal (clorofila) para comparar con el verde de Ek´Balam. Para comprobar si existía la posibilidad de que en el pasado se haya utilizado un colorante extraído de alguna planta, se practicó el análisis de IR en la clorofila extraída de una planta, y después se practicó el análisis al verde de Ek´Balam.

Los espectros obtenidos tienen algunas similitudes en algunas bandas pero no son completamente idénticos.

Como segunda etapa en esta investigación se ha propuesto mezclar el colorante extraído de plantas con una arcilla para lograr un pigmento de naturaleza mixta (orgánico e inorgánico).

Al hacer una inspección del color verde en microscopio óptico se determinó que debajo de la capa de verde se encuentra, generalmente una capa de amarillo ocre muy pálido y poco resistente, soluble en agua y en etanol. Esto se ha asociado al probable uso de una arcilla mezclada con diferentes concentraciones de un colorante amarillo, haciendo con esto variar la tonalidad t.

C) Utilización de una arcilla verde. La tercera hipótesis del origen de este color se asocia al uso de una tierra verde. Cabe señalar que no se han detectado arcillas de ese color en las cercanías de Ek´Balam, pero no se descarta el uso de una arcilla proveniente de otra región que pudiera tener estas características. El uso de arcillas de color verde se ha reportado para otras áreas, con



Figuras 43 y 44. Cortes transversales de pintura verde. Se observa una capa densa con cristales amarillos en el interior.

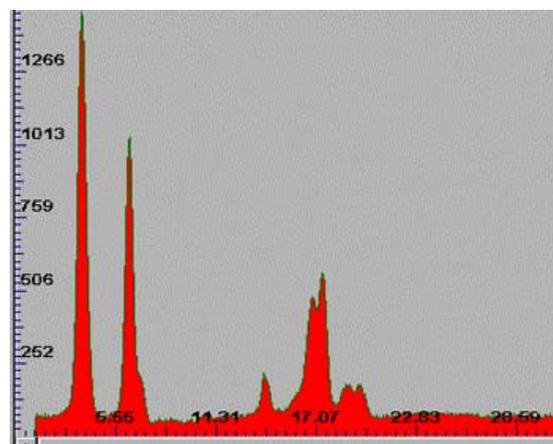


Figura 45. Espectro de fluorescencia del color verde, muy parecido al color azul.

componentes como silicato de potasio y hierro (Goffe 1980).

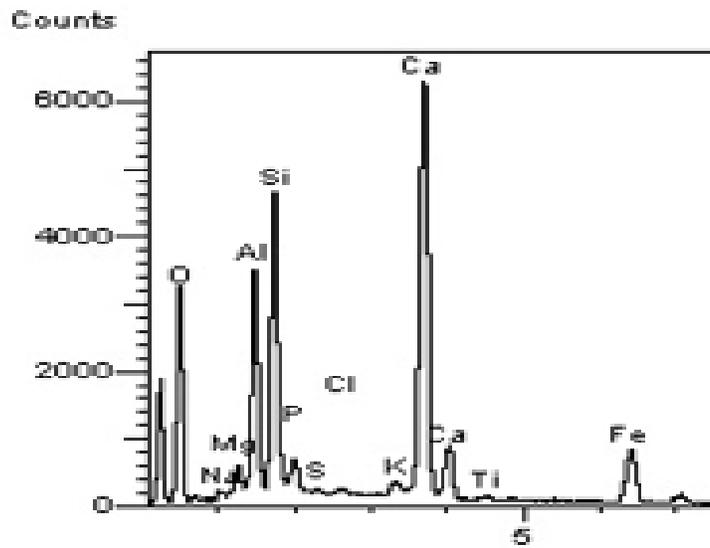


Figura 46 Espectro obtenido en microsonda electrónica EDS del color verde.

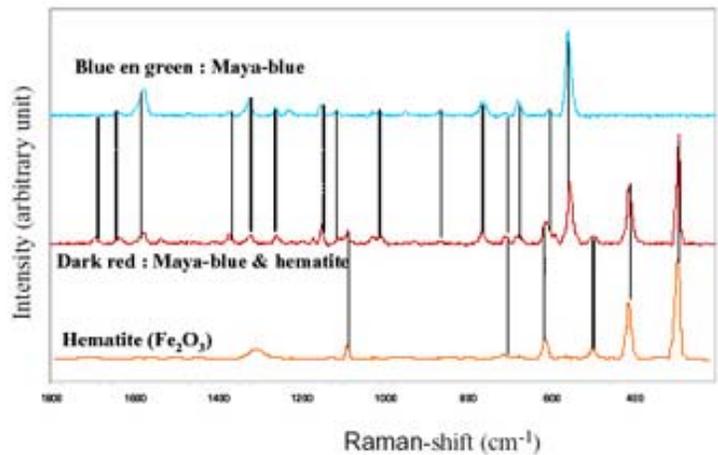
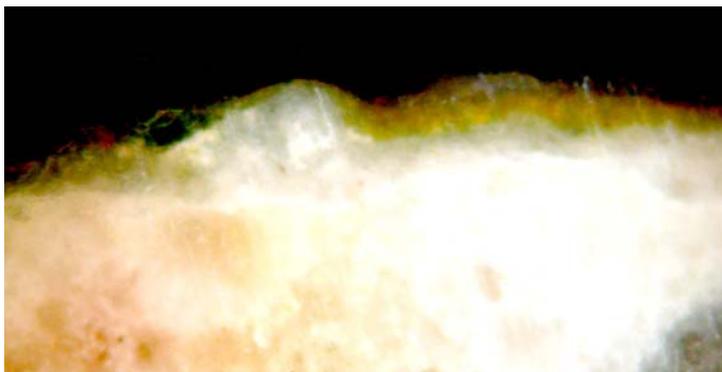


Figura 47. Espectro obtenido en Raman del azul encontrado en el verde y con una combinación con rojo para obscurecerlo aún más.

• Amarillos

El amarillo es un color que ofrece una gran cantidad de fluorescencia y por tal motivo se obstruye el espectro Raman. Por los análisis de difracción no se pudo identificar ningún compuesto mineral específico.

En microscopía electrónica se perciben partículas cristalinas parecidas a las que se identificaron en el verde, posiblemente las responsables de generar el color en combinación con un colorante. Este color se encuentra generalmente asociado a otros colores, como verdes, rojos, y azules. Es muy frágil y poco resistente al ataque químico. Es soluble en agua, etanol y ácidos débiles.



48



49

Figuras 48, 49 y 50. Cortes transversales de pintura color amarilla. En la figura 48 se observa una mezcla con verde, pero es predominante el ocre. En la figura 49 es un color amarillo con cierta carga de rojo, haciendo a este tono naranja, también se observan puntos verdes. En la figura 50 se observa una capa de amarillo sobre el enlucido de estuco y sobre el amarillo una densa capa verde y roja.



50

En ninguna muestra se identificó el típico amarillo ocre que contiene limonita o goethita como principal componente mineral. No se descarta el uso de un colorante vegetal mezclado con una tierra o sal como mordentes. Por el momento solo se tienen resultados preliminares sobre su naturaleza.

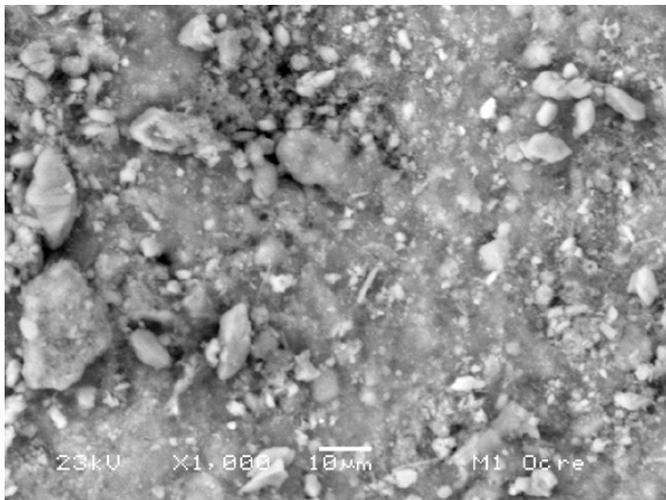


Figura 51. Micrografía del color amarillo, muy parecida a la del verde. 1000x y 27 kV.

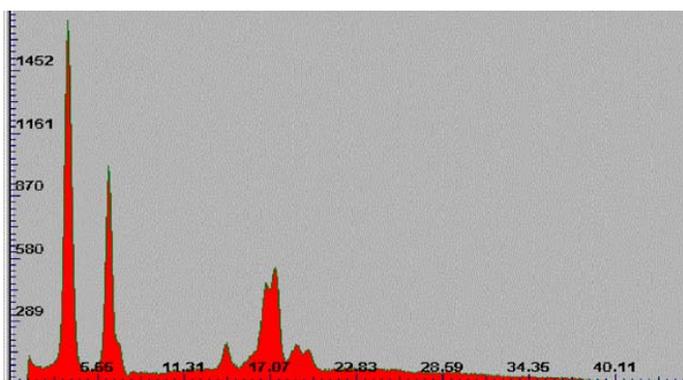


Figura 52. Espectro por fluorescencia del color ocre-amarillo, muy parecido al obtenido para el verde.

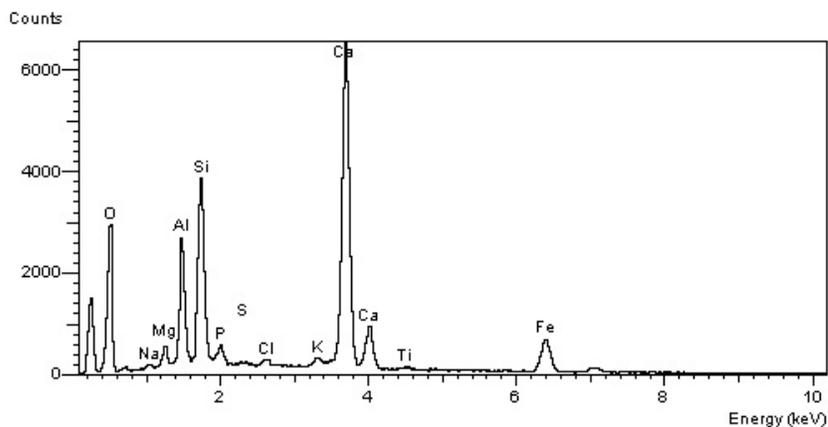


Figura 53. Espectro obtenido por microsonda electrónica EDS para el color amarillo, con un resultado muy parecido al verde.

Negro

El negro tiene su origen en carbón. Es un pigmento bastante común y producto de la combustión incompleta de materia orgánica como plantas, aceites o huesos.

Es un color muy poco usado, especialmente utilizado para delinear otros colores. Se aplicó también sobre colores como el amarillo, el rojo y el azul. Es una capa poco densa y de partículas que se agrupan en gránulos esféricos. Es poco abundante en las muestras analizadas y poco cubriente.

En algunos interiores de crujías se ha localizado este color para recubrir muros completos, mostrando muy poca adherencia al sustrato y poca cohesión entre sus partículas. Se duda que haya sido aplicado cuando los enlucidos estaban frescos dada su deleznable condición.



Figuras 54 y 55. Cortes transversales de color negro recubriendo un color amarillo y rojo respectivamente. MOP 20 x.

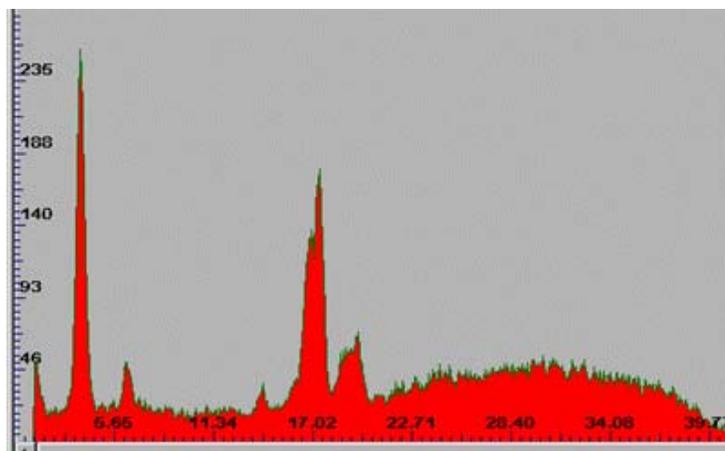


Figura 56. Espectro de fluorescencia de rayos X. Se observa el pico de alta concentración de carbón y calcita.

Conclusiones

Una serie de pigmentos clásicos de la pintura mural maya fueron identificados en las muestras de Ek´Balam, tales como el óxido de hierro, azul maya y negro de carbón.

Estos tres colores particularmente fueron utilizados puros y en mezcla con otros colores para lograr diferentes tonalidades y colores. Una serie de pigmentos no reportados para la pintura mural maya en la Península de Yucatán fueron caracterizados: cinabrio, verde limón y oscuro, y amarillo ocre. En el primero caso, el cinabrio fue fácilmente identificado con diferentes técnicas y es de destacar que su utilización en pintura mural no se había reportado antes en la región. En el caso de los otros dos colores, el verde y el amarillo, su caracterización fue difícil pues se trata de compuestos probablemente constituidos por una parte orgánica y otra inorgánica. A partir de esto se deduce que en Ek´Balam no se usaron algunos de los pigmentos minerales tradicionales para obtener estos colores, como se produjo en otras regiones del área maya.

Por medio del análisis de espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) practicado a las muestras que presentaban capa pictórica verde y azul se comparó la composición que presentaban ambos colores, de los que se sospecha un origen común. Algunas bandas de sus espectros coinciden, aunque aún no podemos afirmar con seguridad que se trata de un compuesto idéntico el que los constituye. La variación en las bandas puede deberse más que a una variación en los compuestos usados para la manufactura, a una variación en la técnica de manufactura del azul para la obtención del tono verde, pero con los mismos componentes originales (índigo y palygorskita).

Para comprobar otra de las hipótesis del origen del color verde se practicó un análisis FTIR de extracto de clorofila en alcohol y se comparó con los espectros obtenidos para el azul y el verde. Los resultados obtenidos indican que se trata de compuestos totalmente diferentes. A pesar de que las bandas de la clorofila no coinciden con el verde, no se descarta que se haya podido utilizar para la elaboración de este color y que la poca coincidencia obtenida entre sus espectros pueda deberse a las características de preparación del extracto vegetal, la cual se considera poco acuciosa y que el uso del alcohol en su preparación haya tenido un efecto negativo en el resultado.

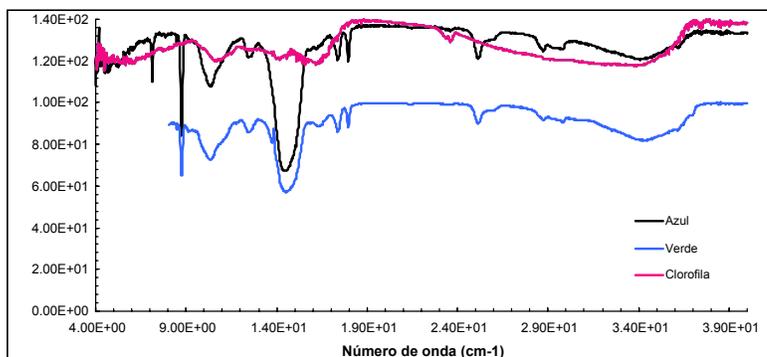


Figura 57. Espectros obtenidos para el azul maya, el verde y la clorofila por medio del análisis de FTIR.

Dado que los resultados aún no son concluyentes, se considera necesario practicar métodos más precisos y minuciosos para la extracción de clorofila en agua con la intención de obtener mejores lecturas de este compuesto mediante esta técnica, y adicionalmente realizar el análisis Raman.

Por los resultados obtenidos en los análisis practicados a las muestras de pintura mural se deduce que existían pocos materiales disponibles para la preparación de diferentes pigmentos. Por este motivo se considera que el uso de los pocos pigmentos disponibles, variando su concentración, permitió a los artistas de Ek´Balam obtener una gran variedad de colores y tonos. El uso de algunas técnicas como la superposición de capas, el uso de capas muy ligeras de color e incluso el uso de capas intermedias de cal, del tipo “lechada”, permitió que se produjeran tonos variadísimos y se alcanzara una amplia paleta cromática.

Adicionalmente se pudo percibir a través de las técnicas de análisis utilizadas que en general las capas de color son muy poco densas. En general los rojos y los azules tienen tamaños de partícula muy pequeños y estas partículas están bien integradas en una matriz homogénea, mientras que otros colores como el verde, el amarillo y el negro, están conformados por partículas de diferente tamaño y a veces no muestran mucha homogeneidad.

En lo que se refiere a la superposición de capas se notó que en algunas muestras se encontraba una capa de color rojo y azul, separadas por un muy pequeño estrato de lechada de cal; estas tres capas se constituyen como soporte de otros colores. Estas capas roja y azul se han localizado también en otras representaciones pictóricas de Ek´Balam (cuarto 50). En este caso, consideramos que la aplicación del rojo, y el azul, separadas por una capa de cal, pudieron tener el propósito de modificar el color final que se superponía en la parte superior, por un efecto de transparencia de las capas inferiores, pero también, puede estar asociado a un posible boceto o dibujo preparatorio. Estas hipótesis aún no pueden corroborarse ya que no se han analizado fragmentos que tienen diseño, pero será una línea de investigación que más adelante se seguirá.

En lo referente a la preparación del enlucido como soporte de la pintura mural se encontró que en la mayoría de las muestras no pudo detectarse una clara diferencia entre el aplanado y el enlucido que comúnmente se utilizan para la pintura mural. En general el enlucido es una capa muy delgada, del orden de micras, de superficie muy pulida y compacta que está soportada por un aplanado de textura más rugosa y de menor tamaño de partícula. En la inclusión de algunas muestras se notó que el aplanado tiene muy poca cohesión y es muy deleznable. El enlucido del que hablamos suele ser de cal, pero con partículas de sílice y aluminio, lo cual puede sugerir que se trata de una cal semiarcillosa, que probablemente fuera utilizada por contar con cualidades plásticas.

Cabe destacar que en ninguna muestra se detectaron capas sucesivas de pintura que indiquen diferentes etapas de ocupación o de mantenimiento, como ocurre en algunas otras regiones del área maya. Este hecho también se ha verificado en algunos otros elementos *in situ* de la Acrópolis, como son la pintura interior del

cuarto 33A, la pintura del cuarto 50 y la pilastra exterior del cuarto 29. Este hecho puede indicar que los elementos creados por los artistas de Ek´Balam fueron creados, utilizados y puestos en función por un tiempo limitado.

Para concluir es importante señalar que el conjunto de técnicas seleccionadas fueron apropiadas para realizar este estudio y que los resultados que se alcanzaban en algunas de ellas podían corroborarse o descartarse por el resultado obtenido en algunas otras.

Agradecimientos

Alejandra Alonso Olvera quiere agradecer: al Instituto de Investigaciones Nucleares por las facilidades brindadas para realizar los análisis de Difracción de Rayos X, Microscopía Electrónica de Barrido y Espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier; a la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía del INAH por el apoyo para la utilización de los equipos del Laboratorio de Química; al Instituto de Física por la ayuda para la utilización del equipo de Fluorescencia del Laboratorio del Acelerador de Pelletrón; a la Universidad de Ghent, Bélgica por su interés en colaborar en esta investigación a través de los análisis de Raman en el Laboratorio de Química Analítica.

Referencias

Boone, E. H. (ed.) *Painted Architecture and Polychrome Monumental Sculpture in Mesoamerica*, Dumbarton Oaks, Washington. 1985.

Boyton R. *Chemistry and Technology of Lime and Limestone*, Interscience Publishers, Nueva York. 1996.

Brody RH, Edwards HGM, Pollard AM, *Spectrochimica Acta Part A-Molecular and Biomelecular Spectroscopy*, 57 (6): 1325-1338 2001.

Calvo, A. *Conservación y restauración, materiales, técnicas y procedimientos de la A a la Z*. Barcelona, España. Ed. Serbal, 1997.

De la Fuente, B. "Reflexiones en torno a las semejanzas y diferencias en la pintura mural prehispánica", Universidad de México, México, 1995.

De la Fuente, B. "La pintura mural prehispánica en México", en *Arqueología Mexicana*, Vol. III, No. 16, Nov-Dic. Mexico. 1995.

Derbyshire, Alan and Robert Withnall, J. *Raman Spectroscopy*. 30, 185-188 (1999).

Fettweis-Vienot, M. "Las pinturas murales de Cobá. Periodo Posclásico" Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán, Boletín Bimestral, Enero-Febrero, Año 7, núm. 40. México. 1940.

Fettweis-Vienot, M. "Algunos sitios con pintura mural de la costa oriental de Quintana Roo" en Cuadernos de los Centros, No. 27. INAH. México. 1976.

Fettweis-Vienot, M. *Les peintures murales postclasiques du Quintana Roo. Du catalogue au déciffrage, recherche d'une méthode et applications a deux cas: Coba et Xelha*. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris. 1981.

Gettens, R. J., and G. L. Stout. *Painting materials: A Short Encyclopaedia*. New York: Dover. 1966.

Goffer, Z. *Archaeological Chemistry, A Source of the Applications of Chemistry to Archaeology*. John Wiley and Sons Vol. 55. Chemical Analysis A Series of Monographs on Analytical Chemistry and Its Applications, Nueva York. 1980.

H.G.M., Edwards, de Oliveira LFC, Prendergast HDV, *Analyst*, 129 (2): 134-138, 2004.

H.G.M. Edwards and Falk M.J., *Journal of Raman spectroscopy*, 28, 1997, 211-218.

H.G.M. Edwards, L Drummond., J. Russ, *Spectrochimica Acta, A*, 54, 1849-1856. 1998

H.G.M. Edwards, Farwell. D W., Rull Perez F. and Villar SJ. *Applied Spectroscopy*, 53(11). 1436-1439. 1999

H.G.M, Edwards, Rull F, Vandenabeele P, Newton EM, Moens L, Medina J, Garcia C, *Applied Spectroscopy*, 53(11), 1999, 1436-1439.

H.G.M., Edwards, Middleton PS, Villar SJ, de Faria DLA, *Analytica chimica acta*, 484 (2): 211-221, 2003.

Landman AA, De Waal D, *Materials Research Bulletin*, 39 (4-5): 655-667 APR 2 2004.

Lehtrop, S.K. *Tulum: An Archaeological Study of the East Coast of Yucatán*, Carnegie Institution of Washington, Publicación 335. Washington 1924.

Lombardo de Ruiz, S. (coord) *La pintura mural maya en Quintana Roo*, Colección Fuentes, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Gobierno del Estado de Quintana Roo, México. 1987.

Lucas, A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*, Arnold, Londres. 1962.

Magaloni, D. *Metodología de análisis de la técnica pictórica mural prehispánica: el Templo Rojo, Cacaxtla*. INAH Colección Científica. México. 1995.

Magaloni, D., Siegel L., Castaño y Baños. "El espacio pictórico teotihuacano: tradición y técnica" en *La pintura mural prehispánica en México: Teotihuacan*, Beatriz de la Fuente (ed.) Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM. México 1995.

Magaloni, D. "Técnicas de la pintura mural en Mesoamérica". en *Arqueología Mexicana*, Vol. III, No. 16, Nov-Dic. Mexico. 1995.

Martin, S. and N. Grube, *Crónica de los Reyes y Reinas Mayas. La Primera Historia de las Dinastías Mayas*. Ed. Planeta, México. 2002

Masschelein-Kleiner, L. and Heylen, J.B. *Studies in Conservation*, 13, 87. 1968.

Matteini, M., *La química de la restauración*, Editorial Nerea, Instituto Andaluz del Patrimonio, Sevilla. 2001.

Miller, A. *The Mural Painting of Teotihuacán*. Dumbarton Oaks, Trustees of Harvard University, 1973.

Miller, A. *On The Edge of the Sea. Mural Painting at Tancah-Tulum, Quintana Roo*, Dumbarton Oaks, Trustees for Harvard University, 1982.

Miller, M. E., *Maya Art and Architecture*, Thames and Hudson, 1999, London.

Mora, P. y P. Phillipot, *Conservation of Wall Painting*, Butterworths, Londres. 1984.

Ostrooumov M, Fritsch E, Lasnier B, Lefrant S, *Eur. J. Mineral.*, 11 (5): 899-908, 1999.

Pasto, D.J. y C.R. Johnson, *Determinación de estructuras orgánicas*, Editorial Reverte S.A. 1981.

Pollard, A.M. y C. Heron, *Archaeological Chemistry*. The Royal Society of Chemistry, Londres, 1996.

Reinen D, Kohl P, Muller C, *Zeitschrift fur anorganische und allgemeine chemie.*, 630 (1): 97-103, 2004.

Reyes Valerio C., *De Bonampak al Templo Mayor, El azul maya en Mesoamérica, Siglo XXI* Ed. México. 1993.

Robin J.H. Clark, *Chemical society reviews*, 1995, 24, 187-196

Rutherford J. Gettens, *American Antiquity*, 27, 557-566, 1962.

Smallwood AG, Thomas PS, Ray AS, *Spectrochim. Acta A*, 53 (13): 2341-2345, 1997.

Smith DC, Bouchard M, Lorblanchet M, J. *Raman Spectroscopy*. 30 (4): 347-354, 1999.

Staines Cicero, L. "Los murales mayas del Posclasico" en *Arqueología Mexicana*, Vol. III, No. 16, Nov-Dic. Mexico. 1995.

Tatsch E., Schrader B. *Raman Spectroscopy*, 26, 467-473, 1995.

Trentelman K, Stodulski L, Scott D, Back M, Stock S, Strahan D, Drews AR, O'Neill A, Weber WH, Chen AE, Garrett SJ, *Studies in Conservation*, 47 (4): 217-227 2002.

Toscano, S. "La pintura mural precolombina de México", Boletín Bibliográfico de Antropología Americana, Vol. IV, No. 1. Enero-Abril. Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México. 1940

Vandenabeele P, Wehling B, Moens L, Dekeyzer B, Cardon B, von Bohlen A, Klockenkämper R, *Analyst*, 124 (2): 169-172.

Vandenabeele Peter, "Raman Spectroscopy in Art and Archaeology", *J. Raman Spectroscopy*, 35, 2004 (In press). *Spectroscopy*, 55 (1): 71-76, 2001.

Vandenabeele P., K. Lambert, W. Schudel, S. Matthys, A. Bergmans, L. Moens, *Direct Raman analysis of mediaeval wall paintings*, (en prensa).

Vandenabeele P, Grimaldi DM, Edwards HGM, Moens L, *Spectrochimica Acta Part A. Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 59 (10): 2221-2229, 2003.

Vandenabeele P, Weis TL, Grant ER, Moens LJ, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 379 (1): 137-142, 2004.

Vandenabeele P, Moens L, *Analyst*, 128 (2): 187-193 2003.

Vanolphen H., *Science* 154, 645. 1966

Vargas de la Peña L y V Castillo Borges, "Ek´Balam, ciudad que empieza a revelar sus secretos" en *Arqueología Mexicana* Vol VII, No. 37. Ed. Raíces. México. 1999,

Wehling B, Vandenabeele P, Moens L, Klockenkämper R, Bohlen A v, Van Hooydonk G, Reu M De, *Mikrochim. Acta* 130, 253-260. 1999.

[INDICE](#)