



---

---

65.

ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICOS DE LOS ESTUCOS  
DE LA CUENCA MIRADOR, PETÉN,  
GUATEMALA: UN APOORTE A LA CONSERVACIÓN

---

---

*Josué Leonardo Guzmán Urbina, Enrique Monterroso Tun, Astrid Ivón Cruz Echeverría,  
Luis Velázquez y Shirley Alejandra Torres*

XXXIII SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES  
ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA

MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA Y ETNOLOGÍA  
15 AL 19 DE JULIO DE 2019

EDITORES

BÁRBARA ARROYO  
LUIS MÉNDEZ SALINAS  
GLORIA AJÚ ÁLVAREZ

---

---

REFERENCIA:

Guzmán Urbina, Josué Leonardo *et al.*

2020 Análisis arqueométricos de los estucos de la Cuenca Mirador, Petén, Guatemala: un aporte a la conservación. En *XXXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2019* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 823-834. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

# ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICOS DE LOS ESTUCOS DE LA CUENCA MIRADOR, PETÉN, GUATEMALA: UN APORTE A LA CONSERVACIÓN

*Josué Leonardo Guzmán Urbina  
Enrique Monterroso Tun  
Astrid Ivón Cruz Echeverría  
Luis Velázquez  
Shirley Alejandra Torres*

## PALABRAS CLAVE

Cuenca Mirador, Preclásico Tardío, Clásico Tardío, análisis arqueométricos, conservación, restauración.

## ABSTRACT

*The impressive art modeled in stucco of the Maya Area in general carries implicitly a series of information of great value and importance in terms of manufacturing, specialization and technology used for the elaboration of different types of lime mortars, which were strategically adapted by the architects during pre-Hispanic times. Their knowledge requires a complete and meticulous multidisciplinary research due to the high degree of historical commitment that this heritage entails. The Archaeometric analysis, through high-tech equipment of x-ray fluorescence, x-ray diffraction, optical and electronic microscopy, allow us to know more about the chronological and geographical variations that the specialized craftsmen had according to the availability of geological resources. This gives us the possibility of more efficient characterizations of the mortars for their consolidation. There are described the preliminary results of the Archaeometric analysis of 44 samples collected from different seasons of Archaeological research and sites of the Mirador Basin.*

En abril de 2017 se tuvo la iniciativa de realizar un trabajo multidisciplinario denominado “Plan de investigación de análisis de estucos, morteros y pigmentos de la Cuenca Mirador” que en su fase inicial ha ayudado a resolver algunas inquietudes asociadas a notables edificaciones arquitectónicas patrimoniales de varios sitios de la Zona Cultural y Natural Mirador (Figura 1). Las muestras, que en total suman 44, corresponden a diferentes temporalidades intencionalmente seleccionadas para realizar analogías entre ellas. La justificación principal es aprender más sobre la magnífica importancia del uso de la cal como elemento fundamental en la economía y la tradición constructiva, así como en notables expresiones artísticas de larga tradición en muchos sitios de las Tierras Bajas kársticas Mayas.

El motivante de esta investigación desde sus inicios fue validar el conocimiento experimental (Guzmán y

Monterroso-Tun, 2018) a través del conocimiento científico y multidisciplinario entre la arqueología, la conservación, la mineralogía y el análisis instrumental, y así, responder interrogantes en un futuro próximo que ayudará a tener una mayor valoración y profundización de los conocimientos adquiridos de lo que representa esta zona con características especiales, así como las implicaciones sociales y medioambientales del uso excesivo de los recursos evidentes en la arquitectura monumental de estos centros urbanos.

La finalidad es la conservación integral del área, apoyada en datos de laboratorio de alta tecnología. El trabajo ha sido realidad gracias a la Dirección del Proyecto Cuenca Mirador (Dr. Richard Hansen y Lic. Edgar Suyuc Ley) y un esfuerzo en conjunto entre la Unidad de Conservación y Restauración del proyecto y del Centro de Investigación y Desarrollo C I+D / CE-

TEC-Cementos Progreso, avalados por el Ministerio de Cultura y Deportes, Departamento de Monumentos Prehispánicos y Coloniales de Guatemala.

Los objetivos son varios, pero el principal ha sido comprender los métodos de producción y fabricación de óxido de calcio por los artesanos y constructores Mayas y su incidencia e importancia en la construcción de una sociedad que Hansen (1982) y Matheny (1987) han definido como una sociedad “con carácter de estado” (R. Hansen, Suyuc-ley y Mauricio, 2016, p.78).

Otros objetivos que se resolverán gradualmente en investigaciones futuras son: conocer los avances tecnológicos y desarrollos tempranos de los asentamientos humanos en este sistema cultural y natural, desde el periodo Preclásico (Medio y Tardío), y los cambios y/o continuidad de dicha tecnología en el periodo Clásico (Temprano, Tardío y Terminal). Conocer sobre los minerales asociados a la fabricación de morteros y pigmentos empleados por los arquitectos y artistas en las distintas épocas. Todo lo anterior mediante caracterizaciones o estudios de las propiedades físicas, químicas, estructurales y mineralógicas a través de estos análisis técnico-científicos multidisciplinarios.

El énfasis en esta fase ha sido la identificación de los minerales y pigmentos inorgánicos de los materiales investigados, lo cual denota la especialización tecnológica, que es una de las innovaciones más importantes de las épocas tempranas, las cuales son: los procesos de calcinación y la posterior fabricación de morteros y estucos de cal, tema que está íntimamente relacionado con las alteraciones del entorno natural, que también aporta conocimiento a las hipótesis relacionadas con los colapsos de estas ciudades. Se presentan a continuación los primeros resultados e interpretaciones obtenidas de dichas muestras.

## METODOLOGÍA DE ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICOS

La zona ha sido investigada arqueológica y ambientalmente de manera sistemática desde 1978 (Matheny 1980), aunque fue hasta 1992 que se reconoció como un sistema integral basándose en las fotos de satélite, estudios forestales, observaciones hidrológicas y realizando nuevos análisis de suelos con equipos más sofisticados, determinando que los suelos de esta región son químicamente distintos a los demás en el departamento de Petén (R. Hansen 2016b, p.25), presenta por ello características biológicas, culturales, geológicas y geográficas particulares, además en Nakbe se investigaron específi-

camente morteros, pisos y estucos, en este caso provenientes del edificio 1, así como otras muestras del Grupo Códice del periodo Clásico Tardío investigado por parte de Erick Hansen, Rodríguez Navarro y Richard Hansen (E. F. Hansen, Rodríguez-Navarro y Hansen 2011; Eric Hansen y Rodríguez 2002)

Durante 18 años Monterroso ha realizado en Cuenca Mirador importantes pruebas experimentales comparativas de argamasas, recreando las utilizadas en época prehispánica, empleando diferentes porcentajes y agregados en las mezclas según su aplicación, iniciando en Nakbe en 1998 y en 2001 hasta la fecha (Guzmán y Monterroso-Tun, 2018; Monterroso-Tun, 2002, p.122).

Las 44 muestras seleccionadas provienen de 8 sitios arqueológicos de La Cuenca, habiendo un predominio de El Mirador con un 64% y La Muerta con un 14%, aunque este último es considerado actualmente periferia de El Mirador según lo han demostrado las investigaciones arqueológicas recientes. El resto de sitios son El Pesquero, Chacah 'Ab, El Porvenir, Hun Zacatal, Las Torres y El Tintal. El énfasis mencionado en esta primera fase se debe a que se ha querido profundizar en el conocimiento sobre el dominio sociopolítico que tuvo esta ciudad Estado sobre el resto de ciudades Mayas investigadas (Figura 2).

Las temporalidades de estos sitios son del Preclásico Tardío, Clásico Temprano y Clásico Tardío (Figura 3). Las fechas están confirmadas principalmente a través de análisis cerámico y otras se encuentran bajo análisis absoluto de carbono 14 (comunicación personal Dr. Hansen).

Las muestras pertenecen a estucos de contextos arqueológicos controlados, tanto procedentes de pisos, muros o estucos en alto o bajo relieve, con presencia o no de pigmentos, directamente vinculadas con manifestaciones artísticas adosadas a las fachadas y mascarones modelados (Figura 4).

Otro grupo de muestras incluyen minerales recolectados en excavaciones y fueron descritos por los arqueólogos a cargo como “posibles pigmentos”, asociados preliminarmente a los análisis como hematitas o cinabrio, aunque en la mayoría de los casos las caracterizaciones en laboratorio han demostrado se trata de otros componentes minerales.

Según los tipos de especímenes (Figura 5) se ha querido obtener datos tales como: el tipo de caliza empleada por los constructores y su grado de pureza, las diferencias entre los componentes en los pisos, morteros y estucos; los componentes químicos presentes en los posibles pigmentos; y presencia o no de sales. Aunque

también se busca conocer la cristalografía y mineralogía de ciertas muestras, así como su estratigrafía cuando hay presencia de pigmentos.

### EXÁMENES REALIZADOS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS E INTERESES

Según su aplicación, estas caracterizaciones pertenecen a un grupo de exámenes en los cuales se evaluaron las características químicas y estructurales de los materiales y algunas propiedades físicas, así como de transferencias de calor. Para el estudio los ensayos fueron clasificados en: exámenes no destructivos y exámenes destructivos.

Los primeros de ellos no alteran las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales del material, por lo tanto, su uso no implica ningún daño considerable a la muestra examinada. Estos análisis se realizaron por medio de:

Difracción de rayos X (XRD), siendo la fase 1, en la cual se realizaron caracterizaciones sobre muestras que pertenecen al grupo de las argamasas, pisos o estucos.

Microscopio electrónico de barrido (SEM), siendo la fase 2, realizando caracterizaciones sobre estucos con presencia de pigmentos, recorriendo la superficie de las muestras para la identificación mineral de los elementos presentes en la superficie.

Los exámenes destructivos en cambio producen una alteración irreversible de su composición química, mecánica o de su geometría dimensional. Se utilizó para este tipo de análisis:

un espectrómetro de fluorescencia por rayos X (XRF), empleando un mínimo de 10g de la muestra pulverizada, constituyéndose como la fase 3. Esto permitió determinar la presencia de los distintos elementos químicos localizados en minerales recuperados en contextos arqueológicos controlados, marcadas en las etiquetas de campo como hematitas o cinabrio, siendo importante validar o descartar esa suposición preliminar.

La cuarta y última fase ha sido el uso de microscopía óptica, para lo cual se han realizado cortes para la obtención de imágenes de alta calidad de la estructura y la organización microscópica, para la diferenciación y cuantificación de los distintos estratos que componen los modelados en alto o bajo relieve, así como las distintas cargas o agregados de los morteros de cal y la variación en sus dimensiones, tipos y texturas, a través de secciones delgadas y secciones pulidas.

### RESULTADOS PRELIMINARES DE LAS CARACTERIZACIONES

Fase 1: Los primeros resultados obtenidos sobre 34 muestras determinaron la presencia de:

27 exámenes conformados por calcitas puras en un 100% (23 estucos, 3 pisos y 1 muestra de argamasa de muro) (Figura 6);

7 exámenes más dieron un promedio de 95.46% de calcita con el resto del porcentaje de dolomita (4 estucos y un piso) resultados que fueron obtenidos por medio de difracción de rayos X (XRD).

Los ensayos incluyeron por lo menos una muestra de los ocho sitios investigados y corresponden a 24 fragmentos de estuco modelado asociados a arte; cinco pisos; cuatro estucos de acabado final de muro; y un mortero.

Dichos rangos de pureza están relacionados no solamente con la composición material propiamente de la muestra, sino que además implica una serie de variables culturales que propiciaron estas características y/o porcentajes (Figura 7).

Se tuvieron dos caracterizaciones con porcentajes diferentes. El primero de ellos un estuco con 56.6% de calcita y 43.4 de dolomita, procedente de la Operación ELM.610YY.12.19 (Argyle y Hansen 2016). La otra muestra presenta 74.8% de calcita y 25.2% de dolomita, localizado sobre la superficie del friso superior, Operación ELM.610.O (Guzmán 2009, p.701; Guzmán, Ical, Che' y Chuc, 2010, pp.390-394), este se extrajo como parte de los análisis de rutina para descartar o no la presencia de sales minerales que estuvieran haciendo daño al arte, esto derivado de la formación de pequeñas craqueladuras y visualmente un cambio en la coloración del estuco.

En la Fase 2 se empleó un microscopio electrónico de barrido (SEM), en donde se caracterizaron las capas pictóricas de los revestimientos de muros o mascarones, aplanados o modelados. Las muestras fueron seleccionadas de edificios con presencia de arte adosado a la arquitectura, o con revestimiento con pigmento. Y se pudo determinar los diferentes elementos de las superficies. Se estudiaron diferentes tipos de capas pictóricas de tonos rojos, anaranjados, amarillos y azules. Actualmente se ejecutan dichas caracterizaciones y se procesan algunos de estos resultados.

De Los Estucos, al este del Gran Complejo Danta, pertenecientes al periodo Clásico Tardío.

En el caso de los pigmentos azules, se seleccionaron 3 muestras más: 2 del edificio A1 de Grupo Ar-

quitectónico La Muerta (A1.B.01.03) y (A1.F.01.02); y uno más del sitio arqueológico Chacah'ab, edificio 59 (C'AB.T.53.1.1). Todas las muestras fechadas para el periodo Clásico Tardío, en donde se identificó la presencia de paligorskita o atapulgita. Este color es muy importante por el grado de complejidad tecnológica, al ser un complejo orgánico-inorgánico estable y no un mineral natural (Magaloni 2008, p.47), considerado un color artificial, ya que requiere de un especial conocimiento para fijar el tinte orgánico índigo extraído de la planta añil o *Indigofera tinctoria* Linn, o *ch'oh* en Maya.

Actualmente se sabe que los azules se oscurecen a medida que se calienta la mezcla de índigo y paligorskita, tal como sucedió con los óxidos de hierro. Los artistas aprovecharon las características - aluminosas-magnesianas- absorbentes de la arcilla de la paligorskita, la cual debe ser calentada para lograr el enlace y a través de dicho tratamiento térmico, se haga la reacción química adecuada. Se encuentra también en la bibliografía como atapulguita, saponita (Demetrio y C. 1967:717), llamada en Maya yucateco *sak tu'lum* (Guirrola 2010:4). Se propone que el nombre para este color podría ser *ya'xkab* (Magaloni 2008:47).

Dentro de las pruebas experimentales en Cuenca Mirador se han empleado el uso del *Chukum* (*Pithecollobium albicans* Benth), el cual, al ser trabajado a diferentes temperaturas, se pueden lograr variaciones en las tonalidades. La corteza de este árbol según comentarios de personas ancianas, mezclado con el índigo proporciona un tono más oscuro, pruebas que aún están pendientes de llevarse a cabo.

Para la fase 3 se realizaron caracterizaciones por medio de fluorescencia de rayos X (XRF) en muestras que fueron recuperadas al colar o cribar la tierra en las distintas operaciones de investigación arqueológica. No se trata de estucos, pisos o morteros, sino que de minerales localizados en contextos controlados (Figura 17) y tal como se indicó, fueron descritos en las etiquetas de campo como posibles pigmentos, hematita o cinabrio. Los minerales investigados, tienen fuerte predominio de óxido de silicio, óxido de aluminio y de óxido de hierro, tal como se muestra en la figura número 18.

En esta fase se realizaron cortes con discos de diamante de alta revolución y pulido de la superficie de los perfiles estratigráficos de las muestras; otras más están siendo impregnadas con Nanopartículas de oro para una mejor lectura. Con ello se están obteniendo imágenes de alta calidad de la estructura y la organización microscópica y macroscópica, para la diferenciación y cuantificación de los distintos estratos que componen

los modelados en alto o bajo relieve, pisos y morteros; su composición: tamaño y color de las cargas o agregados; las variaciones en las argamasas: colores, tipos y texturas; así como las proporciones homogéneas o heterogéneas. Actualmente dicha fase continúa aportando resultados y permitirá a un mediano plazo fechar estucos por medio de su composición y distinguir las técnicas de manufactura.

Se caracterizaron por medio de difracción de rayos X dos minerales visualmente similares de este grupo de exámenes: (1) una muestra proveniente del Grupo Venado, encontrada como parte del relleno de la calzada en un contexto fechado para el periodo Clásico Tardío. (2) la otra muestra fue descrita como "colorante de piedra" localizada a 2.50 m al oeste de un túnel con trayectoria norte-sur, excavado para conocer etapas constructivas más tempranas en el edificio 316 asociado a los frisos, fechado por medio de carbono 14 para el 300 AC (comunicación personal Dr. Hansen). Es interesante que ambas muestras presentaron palygorskita o atapulgita ((Mg,Al)<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>4</sub>(H<sub>2</sub>O)) en un 13.5% y 19.2% respectivamente, el otro porcentaje (86.5% y 80.8% correspondió a calcita (CaCO<sub>3</sub>)). Este es un silicato de aluminio-magnésico, particularmente frecuente en sedimentos de origen marino o lacustre, que suele llevar como impurezas hierro y potasio (Demetrio y C. 1967:717-718), pero que es fundamental en la elaboración del azul maya.

## CONCLUSIONES PRELIMINARES

Es necesaria la comprensión de la evidencia que indica que los antiguos constructores Mayas que habitaron esta región incorporaron un sistema integrado y planificado de producción con el uso de materiales de cantera, extrayendo y construyendo con éxito bloques y mega bloques para mampostería de las edificaciones arquitectónicas, también reciclando el piedrín o grava utilizadas en los agregados para la construcción, aprovechando para ello la caliza triturada producto de la extracción de estos bloques.

Los resultados han permitido de forma preliminar corroborar que existen grandes similitudes en la calidad de las argamasas del Preclásico Tardío, Clásico Temprano y los estucos del Clásico Tardío. Aunque se busca determinar si comparten características de color y alta densidad, tal como se deduce a simple vista y al manipularlas.

El empleo de grandes cantidades de *sascab* determinaron también el éxito de estas ciudades y fue clave

en la elaboración de los morteros. También el uso de barros o arcillas locales y arcillas importadas que aún se investigan, siendo su primer función como motor económico que permitió el inicio de la agricultura intensiva (R. Hansen 2016:32), pero que fue indispensable en los rellenos de los cajones constructivos de estas ciudades tempranas. La cal fue un ingrediente muy costoso, utilizado como cemento estructural, relleno y mortero. Su uso demuestra la capacidad administrativa del gobierno para planificar, organizar y ejecutar proyectos de unificación a gran escala, con costos sin precedentes (Hernández, Schreiner, Morales, Ortega y Mauricio 2016).

Los estucos, morteros y pisos revelaron un porcentaje muy alto de calcitas puras, lo cual evidencia un conocimiento de canteras cuidadosamente seleccionadas, con piedra caliza de calidad, además un manejo importante al momento de calcinarla con las maderas adecuadas, alcanzando tratamientos térmicos óptimos, sumado a ello la hidratación adecuada de los óxidos de calcio producidos fueron determinantes en el ciclo perfecto de la cal de las muestras en sus diferentes épocas y conocimiento de las fuentes geológicas idóneas en cada región.

En este sentido es notoria una tradición de manufactura desde épocas muy tempranas como el Periodo Preclásico Medio y su perfeccionamiento para el Preclásico Tardío. Pero es importante resaltar que dicha calidad se postergó para el Clásico Temprano y Tardío como lo demuestran los análisis por difracción de rayos X (XRD).

A través del microscopio electrónico de barrido (SEM) se tienen importantes espectros de los minerales empleados para los pigmentos, otros análisis se están perfeccionando por medio de muestras con recubrimientos de oro para propiciar mejores lecturas. Luego de esta fase se continuará con su identificación puntual y se realizarán las analogías entre los distintos colorantes empleados por los artistas en los ocho sitios arqueológicos investigados.

Los resultados obtenidos demuestran el uso de materiales de origen mineral para los distintos pigmentos rojos, empleando específicamente óxidos de hierro, los cuales son degradados con carbonato de calcio que permitió una paleta de colores con tonos variados. Se han encontrado también elementos tales como el bario asociados al rojo que pudieron proporcionar tonos más blanquecinos y amarillentos, también se identificó palygoskyta para el color azul como un color artificial mezclado con añil.

En cuanto al espectrómetro de fluorescencia por rayos X (XRF) se logró descartar que las muestras de los minerales recuperados en excavaciones arqueológicas controladas se tratan de cinabrio o hematita, ya que los resultados han determinado que se trata de silicatos de aluminio, de hecho, con concentraciones muy bajas de óxidos de hierro. Lo anterior hace reflexionar sobre la importancia y la obligación de realizar caracterizaciones de los materiales recuperados, existiendo una obligación como científicos para hacerlo. Corrientes teóricas como la arqueología procesual (Godínez 2009) defienden justo una postura de dotar a la investigación arqueológica de un carácter científico, tal como sucede con la arquitectura, ya que ambas convergen en que estudian fenómenos culturales, además históricos y espaciales, permitiendo la interpretación de un sitio, en este caso de un edificio dentro de ese universo.

Se está buscando conocer las características físicas del *sascab* en las muestras según las temporalidades y sitios arqueológicos, ya que estas varían en su proporción, granulometría y presencia junto a otros minerales como diversas arcillas, dependiendo de la geología de la zona donde se extrajo (Guzmán y Monterroso-Tun, 2018:1070). En el caso de Nakbe es posible diferenciar entre los repellos o estucos hechos con *sascab*, en el cual se han identificado gran número de partículas redondeadas, y aquellos hechos con caliza triturada, presentando granos angulares. Actualmente se analiza este mismo fenómeno en los ocho sitios arqueológicos investigados de Cuenca Mirador, lo cual ayudará a comprender a través de estas variaciones, indicativos de un momento de gran desarrollo y complejidad social, evidenciado en el aumento en la planificación constructiva.

La presencia de morteros de cal con agregados de arcillas con concentraciones altas de aluminio y sílice, producirían fraguados y durezas con características de solidez, resistencia y estabilidad mayores, resistentes incluso a estar sumergidos bajo el agua. Por el momento solamente se han identificado dos, una del Preclásico Tardío y otra del Clásico Tardío con arcilla palygoskyta. Está pendiente de caracterizarse si las propiedades fisicoquímicas le aportan cualidades que mejoren su resistencia con respecto a las muestras que no las tienen. Es oportuno indicar que se identificó la presencia de la arcilla esmectita en los morteros del mascarón del edificio 1 de Nakbe (Hansen *et al.* 2011; Eric Hansen y Rodríguez 2002:185). Esto es notable ya que representa un sofisticado conocimiento y avance tecnológico de los arquitectos, fabricando argamasas de alta sofisticación y calidad.

Por medio de microscopio electrónico de barrido (SEM) y microscopio óptico a través de láminas delgadas y láminas pulidas, se confirman de forma provisional, cambios importantes en la composición macroscópica y microscópica, según su periodo de construcción y su utilización, siendo distintos a los morteros de los pisos. Se debe determinar minuciosamente aún las cargas o agregados para producir volumen y para reducir resquebrajamiento causados por la contracción en el proceso de secado, tal como fue identificado en investigaciones llevadas a cabo en Nakbe (Eric Hansen y Rodríguez 2002:185), su análisis por sitio arqueológico y por periodo dará importantes datos en este sentido. En el futuro se quiere continuar con la identificación de aditivos de tipo orgánico, añadidos al agua que le dieron plasticidad a la mezcla y corroborar los estudios experimentales que se han llevado en los últimos 18 años en la zona.

El mundo de los análisis arqueométricos es fascinante porque dota de información complementaria y da nuevos resultados, abriendo a su vez otro universo de preguntas. Con la presente investigación justo permitió que las interrogantes se multiplicaran al responder los primeros cuestionamientos.

Con el conocimiento aquí generado y los primeros resultados, se espera se pueda aplicar a corto plazo en las intervenciones de consolidación y restauración del Proyecto Mirador, adaptándolas al conocimiento y técnicas específicas empleadas actualmente, a través de la arqueología y la restauración experimental. La meta es proteger la arquitectura y el arte de esta civilización, y que además pueda servir de referente o aporte al trabajo de otras zonas del área Maya.

## REFERENCIAS

- ARGYLE, C. y R. Hansen  
2016 El Friso Preclásico de la Gran Acrópolis Central en El Mirador: Distribución de recursos y mitos relatados en estuco. En *Mirador, investigación y conservación en el antiguo Reino kaan* (editado por R. Hansen y E. Suyuc), pp. 131-152. Guatemala, Guatemala: Foundation for Anthropological Research and Environmental Studies (FARES) © FARES GUATEMALA.
- DEMETRIO, A. y C. S.  
1967 Estudio y caracterización de una atapulgita. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Ciencia y Te* 6(6):717-730.
- GODÍNEZ, S.  
2009 *Análisis de lugar de Dzibanché y Kohunlich*. Universidad de Guadalajara.
- GUIROLA, C.  
2010 *Tintes naturales, su uso en Mesoamérica desde la época prehispánica* (editado por A. Cajas). Asociación FLAAR Mesoamérica.
- GUZMÁN, J. L.  
2009 Trabajos de conservación en el sitio El Mirador. *Proyecto Cuenca Mirador. Investigaciones Multidisciplinarias en El Mirador, Informe final de la temporada 2008, Tomo I*, 697-706.
- GUZMÁN, J. L.; M. Ical, A. Che' y M. Chuc  
2010 Medidas de conservación, restauración y consolidación realizadas en el panel superior e inferior de la Operación 610, Sistema Hidráulico de la Gran Acrópolis Central, El Mirador. En *Investigaciones arqueológicas en la Cuenca Mirador, Informe final de la temporada 2009. Proyecto Cuenca Mirador*, 379-402.
- GUZMÁN, J. L. y E. Monterroso-Tun  
2018 Técnicas experimentales de conservación y restauración en el arte de estuco modelado, los frisos de El Mirador, El Mirador, Petén, Guatemala. En *XXXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2017* (editado por B. Arroyo, L. Méndez y G. Ajú), pp.1067-1080. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- HANSEN, E. F.; C. Rodríguez-Navarro y R. Hansen  
2011 Incipient Maya Burnt-Lime Technology: Characterization and Chronological Variations in Preclassic Plaster, Stucco and Mortar at Nakbe, Guatemala. *MRS Proceedings*. <https://doi.org/10.1557/proc-462-207>
- HANSEN, R.  
2016b El Sistema Cultural y Natural Mirador-Calakmul: Un tesoro invaluable en Guatemala y México. En *Mirador, Investigación y conservación en el antiguo Reino Kaan* (editado por R. Hansen y E. Suyuc-ley), pp.9-36. Foundation for Anthropological Research and Environmental Studies (FARES) © FARES GUATEMALA.
- HANSEN, R.; E. Suyuc-ley y D. Mauricio  
2016 El Mirador, La gran ciudad Maya Preclásica: Descripción de sus principales grupos arquitectónicos.

En *Mirador, investigación y conservación en el antiguo Reino kaan* (editado por R. Hansen y E. Suyuc-ley), pp.63-96. Guatemala, Guatemala: Foundation for Anthropological Research and Environmental Studies (FARES) © FARES GUATEMALA.

HERNÁNDEZ, E.; T. Schreiner, A. Morales, E. Ortega E. y D. Mauricio

2016 Las Calzadas y Sacbeob de la Cuenca Mirador. En *Mirador, investigación y conservación en el antiguo Reino kaan* (editado por R. Hansen y E. Suyuc-ley), pp.219-253). Guatemala, Guatemala: Foundation for Anthropological Research and Environmental Studies (FARES) © FARES GUATEMALA.

Magaloni, D.

2008 Los colores de la selva. Procedimientos, materiales y colores en la pintura mural maya. En *Arqueología mexicana - La pintura maya expresiones de un arte*

*milenario* (editado por E. Vela), pp.46-50. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

MATHENY, R. T.

1980 El Mirador, Peten, Guatemala: An Interim Report. *Papers of the New World Archaeological Foundation*.

MONTERROSO-TUN, E.

2002 Rescate, consolidación y restauración de la Estructura 1, La Florida. En *Rescate y excavaciones arqueológicas en el sitio La Florida, Cuenca Mirador, Petén. Informe final, Temporada 2001* (editado por R. Hansen y E. Suyuc-ley), pp.121-133). Guatemala, Guatemala: Proyecto Regional de Investigaciones Arqueológicas del Norte de Petén, Guatemala PRIANPEG / Cuenca Mirador. Departamento de Monumentos Prehispánicos y Coloniales. Instituto de Antropología e Historia de Guatemala.

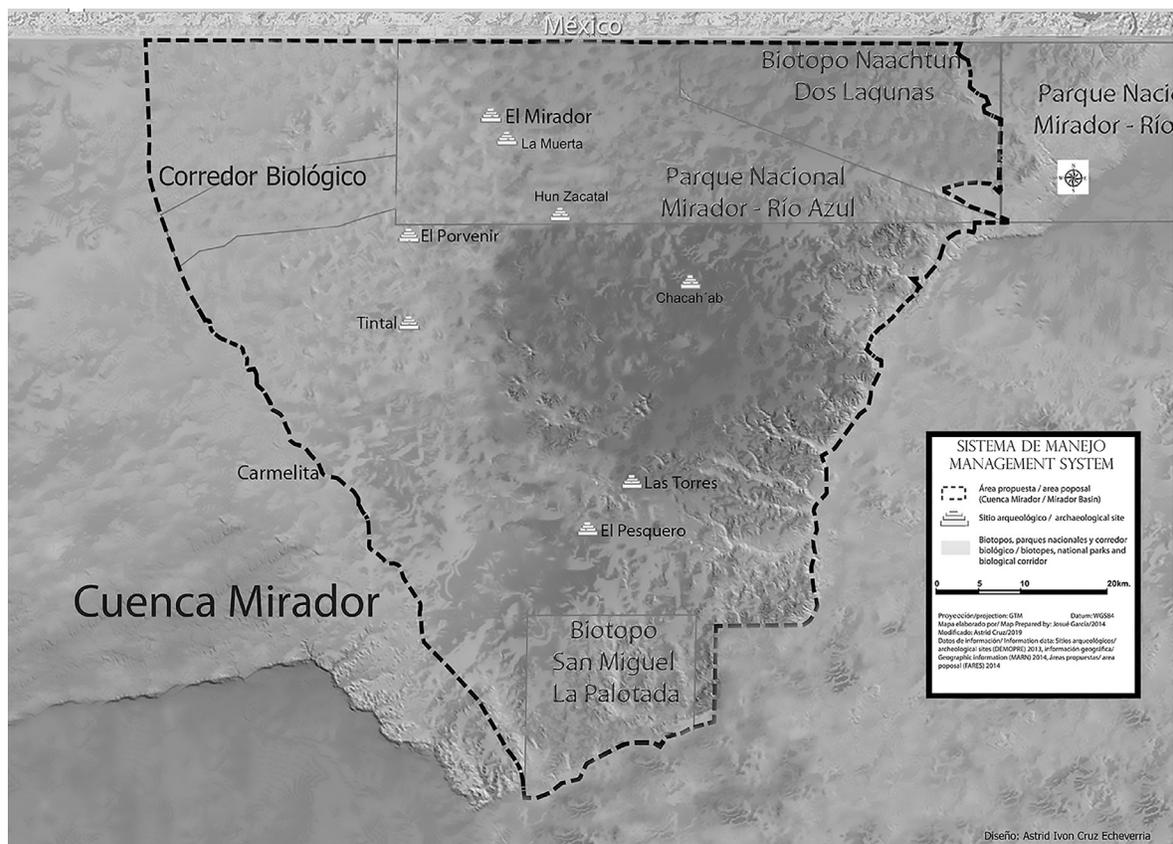


Figura 1. Área geográfica en la que se encuentra el Sistema Cultural y Natural Mirador y los 8 sitios investigados en las pruebas arqueométricas. Mapa: Josué García. Modificaciones y diseño: Astrid Cruz, FARES Guatemala.

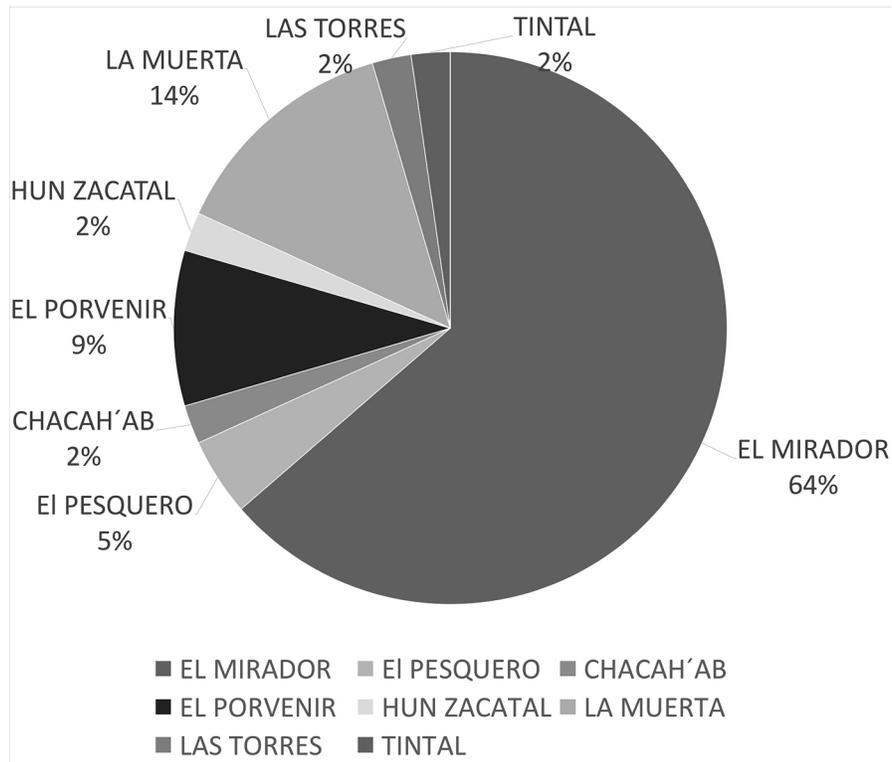


Figura 2. Incidencia de sitios arqueológicos en las caracterizaciones de los exámenes arqueométricos investigados. Gráfica: Josué Guzmán.

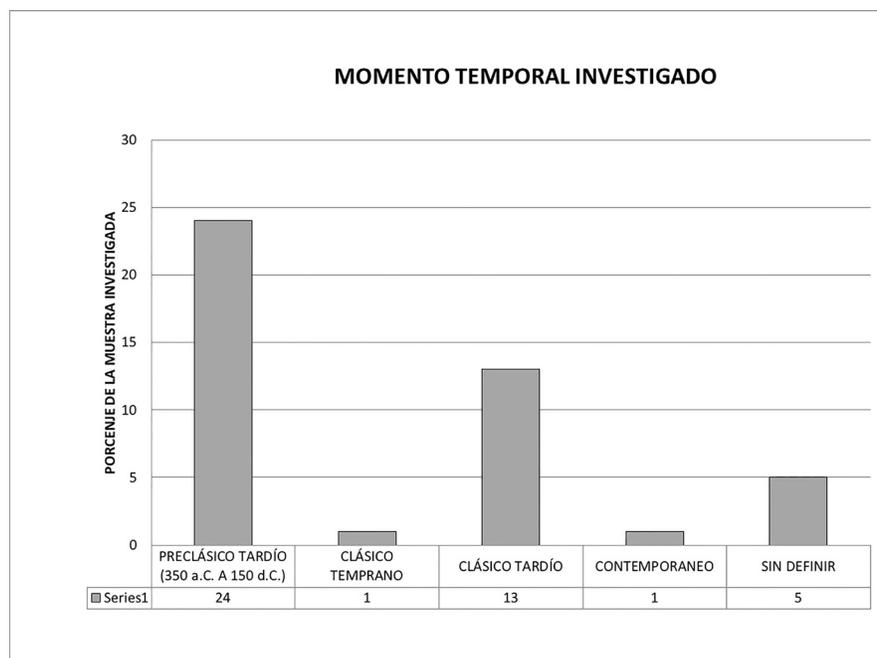


Figura 3. Cronología de las muestras investigadas. Gráfica: Josué Guzmán.

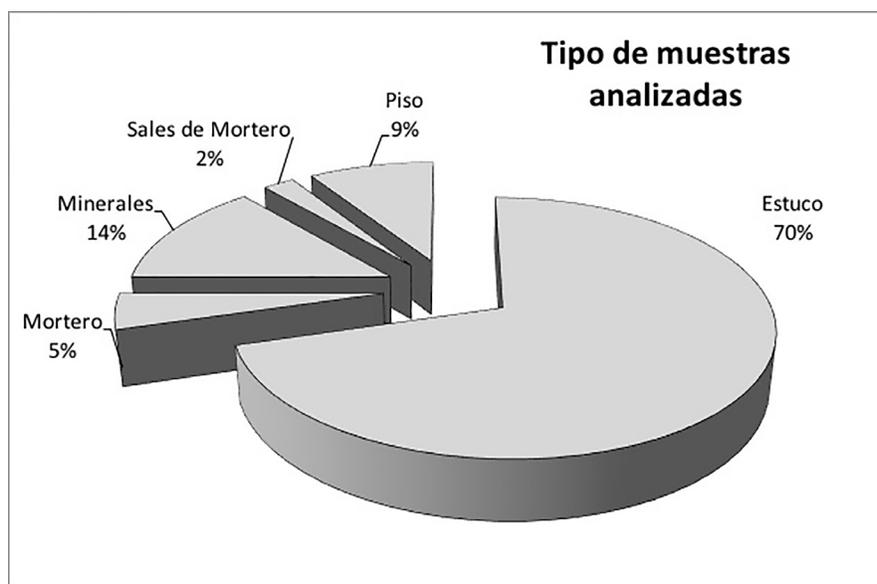


Figura 4. Gráfica del tipo de muestra caracterizadas en los análisis arqueométricos. Gráfica: Josué Guzmán.

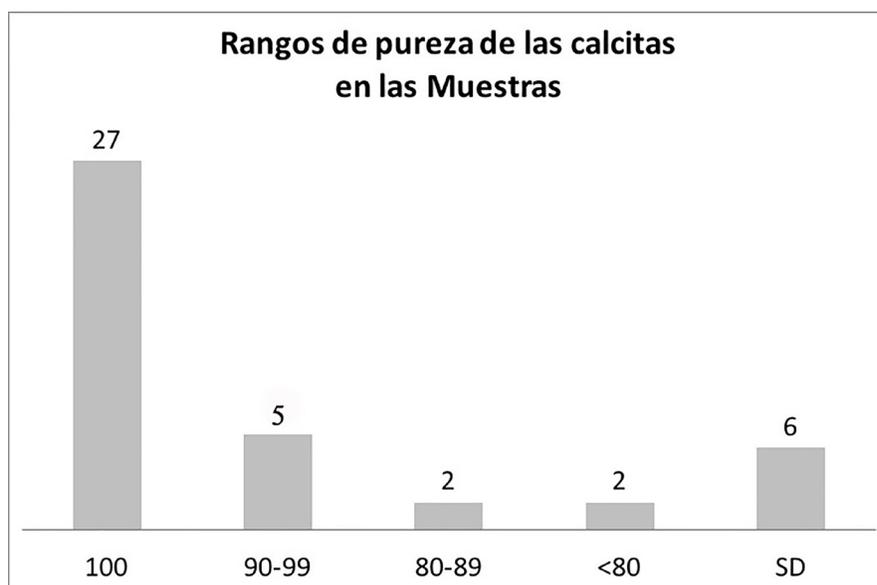


Figura 5. La columna 1 y 2 muestran el uso de carbonato de calcio tipo calcita, con altos grados de pureza en 34 de las muestras analizadas por difracción de rayos X (XRD). Gráfica: Josué Guzmán.

NO.	SITIO	OPERACIÓN	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CALCITA % (CaCO <sub>3</sub> )	DOLOMITA % (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )
1	EL MIRADOR	ELM.112E.5.13	Estuco	modelado	96.4	3.6
2	EL MIRADOR	ELM.114C.56.219	Estuco	Modelado	100	
3	EL MIRADOR	ELM.34AA.04.06	Mortero	Piso	100	
4	EL MIRADOR	ELM.34BB.03.03	Estuco	Modelado	100	
5	EL MIRADOR	ELM.34DD.01.03	Estuco	Modelado	96.1	3.9
6	EL MIRADOR	ELM.304D.02.16	Estuco	Modelado	100	
7	EL MIRADOR	ELM.304K.03.01	Estuco	modelado	100	
8	EL MIRADOR	ELM.304K.04.01	Estuco	Modelado	100	
9	EL MIRADOR	ELM.400A.12.119	Estuco	Modelado	100	
10	EL MIRADOR	ELM.400E.11.83	Estuco	Modelado	100	
11	EL MIRADOR	ELM.400UU.05.316	Estuco	modelado	100	
12	EL MIRADOR	ELM.407.B.03.32	Estuco	Modelado	100	
13	EL MIRADOR	ELM.407C.05.40	Mortero	Piso	100	
14	EL MIRADOR	ELM.610W.35XX	Estuco	Modelado	96.6	3.4
15	EL MIRADOR	ELM.610W.52.XX	Mortero	Piso	91.8	8.2
16	EL MIRADOR	ELM.610W.54.127	Estuco	Modelado	96.4	3.6
17	EL MIRADOR	ELM.FAI.600I.04.28	Estuco	piso	100	
18	EL MIRADOR	ELM.FAI.600I.10.26	Mortero	Piso	100	
19	LA MUERTA	A1.A.02.03	Estuco	modelado	100	
20	LA MUERTA	A1.B.01.03	Estuco	modelado	100	
21	LA MUERTA	A2.F.01.04	Estuco	modelado	100	
22	LA MUERTA	A2.I.04.22	Estuco	modelado	100	
23	LA MUERTA	A1.F.01.02	Estuco	modelado	100	
24	LA MUERTA	LMT.AUX.881C	Estuco	modelado	100	
25	EL PESQUERO	PES.1A.6.8	Estuco	modelado	100	
26	EL PESQUERO	PES.1H.1.2	Estuco	modelado	100	
27	EL PORVENIR	POR.01.00.04	Mortero	Pared	100	
28	EL PORVENIR	POR.01.00.04.A	Estuco "A"	pared	100	
29	EL PORVENIR	POR.01.00.04.B	Estuco "B"	pared	100	
30	EL PORVENIR	POR.01.00.04.C	Estuco "C"	pared	100	
31	CHACAH'AB	C'ABT.T.53.1.1	Estuco	Modelado	100	
32	LAS TORRES	TOR.T59.1.1	Estuco	modelado	100	
33	TINTAL	TIN.103.E.02.08	Mortero?	Mortero	90.1	
34	HUN ZACATAL	HUZ.01.1.6.132.1	Estuco	modelado	94.4	

Figura 6. Cuadro de la selección de 34 muestras a las que se les realizó difracción de rayos X. Cuadro: Astrid Cruz y Josué Guzmán. Datos: Proyecto Cuenca Mirador - Centro de Investigación y Desarrollo C I+D / CETEC

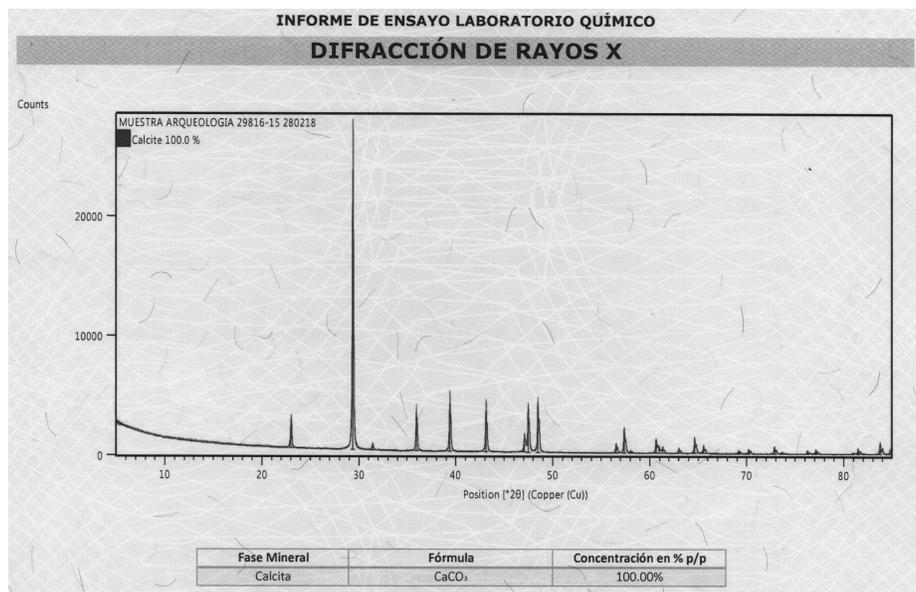


Figura 7. Diagrama de calcita pura del Gran Complejo Arquitectónico La Danta, Operación 400E.11.83. Fuente: CI+D/CETEC

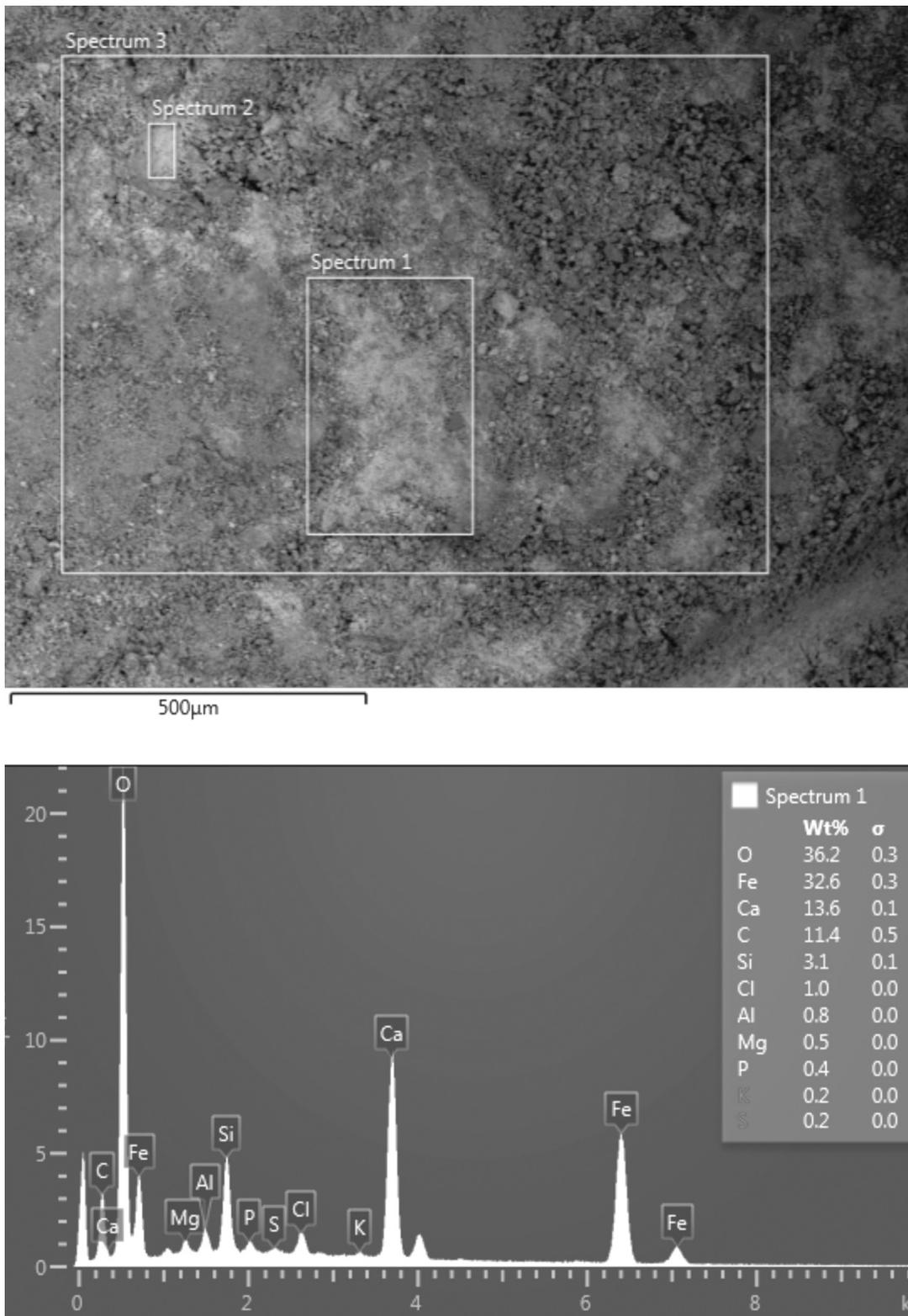
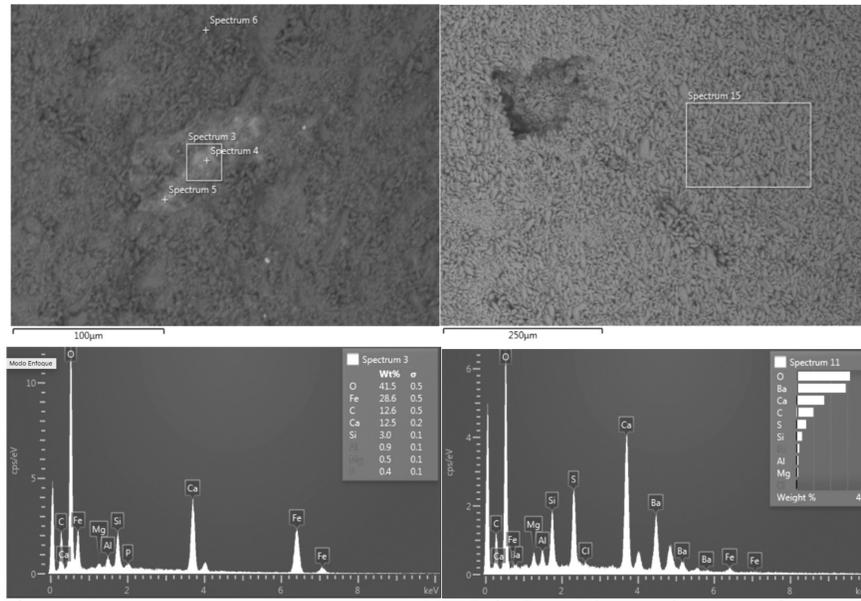


Figura 8. Espectros con microscopio óptico de barrido (SEM) de una muestra de estuco modelado de la Operación C'AB.T.53.1.1 procedente del sitio arqueológico Chacah'Ab, en el espectro se observa el alto porcentaje de hierro. Fuente: CI+D/CETEC.



Figuras 9. Espectros a 100 y 250 µm tomadas con microscopio electrónico de barrido (SEM). Las imágenes de la izquierda están asociadas a pigmentos rojos y mostraron altas concentraciones de óxido de hierro en estucos del Preclásico Tardío de Los Frisos, Operación 610YY.12.19. Las figuras a la derecha corresponden a la Operación 407B.03.32, se detectó -bario- en estucos con pintura roja y azul provenientes de La Casa de Los Estucos, al este del Gran Complejo Danta, pertenecientes al período Clásico Tardío.

Fuente: CI+D/CETEC



Figura 10. Escultura modelada en estuco escala 1:1 con pigmentación rojo y azul en su superficie, procedente de la Casa de Los Estucos, Grupo arquitectónico Casa del Coral, El Mirador, Petén, Guatemala. Fotos: Antonio Portillo, dibujo: Gustavo Valenzuela.