# 88.

# La paleta sagrada: La mineralogía de los pigmentos en el arte religioso en Mayapán, Yucatán, México

*Jennifer Meanwell, Elizabeth H. Paris y Carlos Peraza Lope*

XXXI Simposio de Investigaciones
Arqueológicas en Guatemala

Museo Nacional de Arqueología y Etnología
17 al 21 de julio de 2017

*Editores*
Bárbara Arroyo
Luis Méndez Salinas
Gloria Ajú Álvarez

Referencia:

Meanwell, Jennifer; Elizabeth H. Paris y Carlos Peraza Lope
2018 La paleta sagrada: La mineralogía de los pigmentos en el arte religioso en Mayapán, Yucatán, México. En *XXXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2017* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 1095-1104. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

# La paleta sagrada: La mineralogía de los pigmentos en el arte religioso en Mayapán, Yucatán, México

*Jennifer Meanwell*
*Elizabeth H. Paris*
*Carlos Peraza Lope*

Palabras clave
Yucatán, Mayapán, Pigmentos, Postclásico.

Abstract
*Maya religious art takes many forms, but two of the most visible at Mayapán are wall and floor frescos and elaborately decorated effigy incense burners. These art forms rely on vibrant colors for their visual impact and religious symbolism. Our research investigates the mineralogy of the full range of colors utilized by Mayapán religious artists in the production of effigy censors and murals, including red, orange, yellow, brown, pink, black, green, and various shades of blue. Many of these pigments were likely not locally available, and would have been imported from other areas. X-ray diffraction is used to demonstrate the specific minerals used for each color. These data suggest that some colors require a specific mineral, while others were produced from various different minerals. We also investigate whether the same pigments were used in mural production as were used for the ceramic effigy censors. The suite of minerals used at Mayapán is also compared to Maya pigment use at other sites.*

En el sitio Postclásico Tardío maya de Mayapán, los incensarios efigie elaboradamente pintados eran objetos rituales de uso común, y muchos de los edificios dentro del núcleo del asentamiento fueron cubiertos con los murales brillantes durante varias fases de la construcción. Esas formas del arte requieren pigmentos múltiples para lograr los colores intensos observados. Este trabajo se centra en los pigmentos utilizados por los mayas para crear el resto de su paleta de colores, incluyendo rojo, crema, naranja, amarillo, marrón, negro, gris y verde. Estos pigmentos se estudiaron con difracción de rayos X y fluorescencia de rayos X para determinar los minerales que se usaron como pigmentos. El objetivo de esta investigación fue determinar qué minerales y pigmentos orgánicos fueron utilizados por los habitantes de Mayapán, lo que tiene implicaciones para el comercio y el intercambio de pigmentos en toda Mesoamérica, así como para la producción local de pigmentos y opciones artísticas.

## El sitio de Mayapán y su arte

Mayapán se desarrolló como el mayor centro urbano y capital política del norte de la península de Yucatán tras el declive de Chichén Itzá entre los años 1000 y 1100 dC (Andrews *et al.* 2003; Hoggarth *et al.* 2016). Mayapán ha sido el foco de numerosos proyectos arqueológicos desde la década de 1940, incluyendo proyectos de la Carnegie Institution de Washington (1948-1955; Pollock *et al.* 1962; Smith 1971; Weeks y Hill 2006); Clifford Brown (1999); el Proyecto Mayapán (1996-presente, dirigido por Carlos Peraza Lope) y el Proyecto Los Fundamentos del Poder Económico de Mayapán (2001-presente, dirigido por Marilyn Masson, Carlos Peraza Lope, Timothy Hare y Bradley Russell). Las fechas de radiocarbono de diferentes contextos a través de Mayapán sugieren que la mayoría de la arquitectura monumental fue construida durante los siglos XIII y XIV (Peraza Lope *et al.* 2006). El recorrido reciente de LiDAR en la ciudad y sus alrededores afuera de su mu-

ralla fortificada sugiere una población de hasta 20,000 habitantes (Hare *et al.* 2014, Pollock *et al.* 1962; Russell 2008, 2013).

Mayapán es notable entre las capitales urbanas del periodo Postclásico por sus logros artísticos. Estos contienen un programa de arte público, incluyendo murales elaborados de estuco pintado y moldeado, columnas con deidades antropomorfas elaboradas en estuco modelado, así como estelas de piedra tallada y esculturas. Algunos ejemplos notables de murales pintados son los representados en la Sala de los Discos Solares (Q-161), los murales de serpientes en el Templo de los Nichos Pintados (Q-80) y la elaborada escena de creación acuática pintada en el piso del Templo del Pescador (Q-95) un edificio funerario en el lado noreste de la zona monumental, (Milbrath y Peraza Lope 2003; Milbrath *et al.* 2010; Masson y Peraza Lope 2014). Los fragmentos de estuco pintados de otras estructuras en toda el área de las plazas públicas sugieren que la mayoría, si no todos, los templos, salones y residencias élites de Mayapán estaban cubiertos con decoración de estuco de colores brillantes.

Mayapán también es notable por su arte religioso portátil en forma de incensarios efigie (Figura 1). Estos recipientes de cerámica elaboradamente construidos, son artefactos icónicos del periodo Postclásico tardío y están cronológicamente asociados con la última mitad de la ocupación de la ciudad durante los siglos XIV y XV (Milbrath *et al.* 2008). Los incensarios efigie son vasijas cilíndricas de pedestal, con una figura unida y hueca de una deidad. Dentro del vaso cilíndrico, un piso cóncavo con aberturas proporcionaba el calado para quemar la resina de copal (Milbrath *et al.* 2008; Thompson 1957).

Los fragmentos de moldes para los incensarios efigie encontrados en asociación con las locaciones especializadas de la producción del arte en el centro monumental y el barrio de artesanos de la ciudad sugieren que los incensarios efigie de Mayapán fueron moldeados en el sitio. Contrariamente a las interpretaciones anteriores, Carlos Peraza Lope y Marilyn Masson sostienen que los incensarios efigie no están asociados con las prácticas religiosas domésticas, porque los ejemplos encontrados están fuertemente asociados con los edificios religiosos y administrativos de la ciudad y rara vez se recuperaron durante las excavaciones extensivas en otras zonas de la ciudad y en las áreas residenciales periféricas (Peraza Lope y Masson 2014).

Muchos sitios en Mesoamérica tienen una tradición de pintura mural a gran escala, incluyendo los murales de Bonampak, Xultun, Chilonché, Oxtotitlán y San Bartolo. Aunque no hay estudios detallados de los pigmentos publicados para todos estos sitios, la caracterización química de los pigmentos en uso de San Bartolo, sugiere que los pigmentos consisten principalmente en compuestos de hierro (hematita y goethita) y negro de carbón (Hurst y O'Grady 2015). Los estudios en Xultun sugieren que los artistas usaron pigmentos de hierro, así como negro de carbón, azul maya y blanco de calcita (Saturno et al. 2015).

También se utilizaron pigmentos en la zona maya para la decoración de cerámica y en prácticas de enterramiento, incluyendo el uso para cubrir cuerpos durante el entierro. El análisis de estos pigmentos sugiere que la hematita local fue usada junto con el cinabrio importado de Guatemala (Quintana *et al.* 2015). Los estudios de pigmentos de engobes y pinturas en el área maya sugieren que la mayoría de los colores rojos utilizados para las cerámicas son de hierro, con algunos ejemplos de manganeso presente en ciertos tintes negros (Halperin y Bishop 2016; Goodall *et al.* 2008; Cecil y Neff 2006).

Los pigmentos verdes son más raros en Mesoamérica, y una variedad de colores verdes ha sido documentada. Algunos ejemplos parecen estar basados en el azul maya o son una variedad de "verde maya", que también utiliza pigmentos orgánicos con base de arcilla. Unos verdes derivados de la malaquita (un óxido de cobre) y chrysocolla (un silicato de cobre hidratado) se han documentado en algunos sitios. Sin embargo, en Calakmul, otro pigmento verde de cobre conocido como veszelyita ha sido identificado en varios contextos, principalmente en objetos ceremoniales y no en murales (Garcia Moreno *et al.* 2008).

## Métodos

Se analizaron un total de 48 muestras de pigmentos en este estudio, 31 de incensarios de cerámica, 16 de fragmentos de estuco pintado y una muestra de lo que parecía ser puro pigmento azul maya. De las 47 muestras extraídas de piezas arqueológicas, 36 muestras fueron de la Estructura H-15, que es un vestíbulo con columnas en el grupo administrativo periférico de Itzmal Ch'en, localizado en el sector noreste de Mayapán, incluyendo siete muestras de estuco y 29 muestras de fragmentos de incensarios (Figura 2). Varios fragmentos proceden de la arquitectura religiosa principal de la zona monumental, incluyendo dos muestras de cerámica del Templo Redondo (Q-152), seis fragmentos de estuco del Templo

de Kukulcán (Q-162) y dos muestras de estuco de la sala columnada (Q-54). Otros ejemplos son dos muestras de estuco de una residencia periférica de élite en el sector sureste (Y-45) y una muestra de cerámica de un taller alfarero (Q-176a).

Para obtener las muestras, se rasparon las superficies de los fragmentos de pintura con espátulas metálicas y el polvo se recogió para el análisis por difracción de rayos X. Se intentaba probar sólo las capas pigmentadas sin incluir la cerámica o yeso subyacente.

Varias muestras fueron particularmente notables. Primero, se tomó una muestra de pintura roja que había sido identificada visualmente como hematita especular basada en las partículas brillantes presentes. En segundo lugar, tomamos muestras de pintura roja y azul de una pequeña vasija de cerámica que parecía haber sido utilizado como recipiente para pintura de artista, basado en los residuos y goteos a lo largo de las superficies interiores y exteriores. Finalmente, también fue triturado y analizado un trozo de pigmento azul puro recuperado de las excavaciones en la residencia de élite R-106.

La principal técnica analítica utilizada en este estudio es la difracción de rayos X, que utiliza los reflejos de rayos X de los planos de cristal para identificar minerales específicos. Debido al pequeño tamaño de las muestras de pigmento, decidimos utilizar el Rigaku SmartLab en el Centro de Ciencias de Materiales e Ingeniería del Instituto Tecnológico de Massachusetts con un sistema de tubos capilares rotativos y el detector DTex. Todos los análisis de los perfiles se realizaron en el programa HighScore Plus. Cuando los datos de la difracción eran difíciles de igualar a fases específicas, las muestras también fueron analizadas usando un sistema portátil de fluorescencia de rayos X Bruker Tracer III-SD para proporcionar datos químicos para mejorar la interpretación de los perfiles de difracción.

## Resultados

En cada perfil de difracción, los picos más prominentes coinciden con los de la calcita (ver la Figura 3 como ejemplo). Esto no es sorprendente, ya que la calcita es el componente químico principal del yeso o estuco y también a que en Mayapán la roca madre es caliza. Aunque la fuente de la calcita es obvia para las muestras murales que fueron pintadas sobre el estuco, es menos obvio que la calcita sería requerida para los incensarios efigie. A pesar de esto, parece que la mayoría de los pigmentos en los incensarios se aplicaron sobre una capa de yeso delgado y las pinturas utilizadas pueden incluir cal o calcita como ingrediente principal.

La mayoría de los perfiles de difracción de las muestras rojas contienen picos de hematita (óxido de hierro) y picos de otros óxidos de hierro (Figura 4). Muchas de las muestras amarillas contienen picos de goethita, que es un óxido de hierro hidratado que tiene un color amarillo (Figura 5). La muestra negra tiene picos de grafito. Un grupo de muestras rojas contienen tanto picos de grafito como picos de hematita, tal vez como una manera de poner más oscuro el tono rojo.

Los perfiles de difracción también tienen picos de minerales accesorios que pueden haber estado presentes incidentalmente en el yeso o en la fuente de pigmento. Por ejemplo, muchas de las muestras de pigmento tienen picos dolomíticos, así como picos de calcita (Figura 3). La península de Yucatán contiene varios depósitos de dolomita entre la caliza (Lefticariu *et al.* 2003) y la dolomita podría haberse introducido en el yeso. Se sabe que los morteros dolomíticos son más plásticos y trabajables que los morteros de cal (Hartshorn 2012), que podrían haber sido buscados por los pintores muralistas. En algunos casos, se identificaron dos fases de dolomita. La primera dolomita era puro carbonato de magnesio, mientras que la segunda dolomita también contenía un poco de hierro con el magnesio (ankerita). Muchas muestras también contienen picos de cuarzo y cristobalita (Figuras 3 y 5). El cuarzo es un mineral muy común y los granos pequeños de cuarzo ciertamente se han trabajado en el estuco como una inclusión dura, o han sido parte de la cerámica de un incensario. La cristobalita se encuentra en entornos volcánicos en Mesoamérica, incluso cerca de la fuente de obsidiana en Pachuca. Es posible que se hubieran introducido pequeñas cantidades de cristobalita en la mezcla de yeso y pigmento. Un pigmento amarillo contiene picos de anatasa, una forma natural de dióxido de titanio (Figura 6). Este mineral inesperado se confirmó con picos de XRF para titanio. La anatasa es un mineral raro en México y no se explota comercialmente hoy en día, pero un depósito de caolín en la zona volcánica de Puebla tiene anatasa (García-Valles *et al.* 2015). El dióxido de titanio (en forma de rutilo) es un pigmento común en las pinturas modernas, pero no se utilizó antes de 1921. Una muestra de pigmento gris parece ser una mezcla de azul maya (según los picos de palygorskita) y sodalita, que típicamente es gris o azul.

Todos los pigmentos verdes analizados en este estudio muestran picos de calcita y palygorskita, como los pigmentos azules (Figura 7). Uno también contiene

un pequeño conjunto de picos de cuarzo. Esto sugiere que los artistas de Mayapán no utilizaron un mineral de cobre como fuente de sus colores verdes, sino que modificaron los pigmentos azules mayas para crear tonos verdes. No hubo evidencia de que los espectros verdes mostraran picos de goethita u otro pigmento amarillo mezclado con el azul para crear el verde, pero es probable que sólo se necesitaran pequeñas cantidades de amarillo para crear el color verde.

Curiosamente, cinco muestras de rojo y naranja-rojo no muestran picos de un óxido de hierro de ningún tipo (Figura 8). Es posible que estas muestras sean simplemente demasiado pequeñas para exhibir los picos de hematita esperados, pero también es admisible que en estos casos se haya aplicado algún tipo de pigmento rojo orgánico. En los alrededores de Mayapán, los habitantes actuales mezclan la corteza y savia del árbol conocido como chuku'um con el yeso para las paredes y los pisos de las casas, dando al yeso un tono rojo, anaranjado o rosado. Este tratamiento también se hace para agregar resistencia al yeso.

## Conclusiones

De acuerdo con otros análisis de pigmentos utilizados en el área maya, la mayoría de los colores rojos, naranjas y amarillos analizados en este estudio ocupan óxidos de hierro como pigmento (Figuras 3-6). Quintana y sus colegas han sugerido (según Morley) que este pigmento habría estado disponible dentro de cuevas o montículos de termitas (Quintana *et al.* 2015). La calcita y la dolomita para el estuco y pigmentos blancos también están ampliamente disponibles en la península de Yucatán. Otras muestras rojas no parecen incluir picos de óxido de hierro, pero el color puede haberse conseguido con un pigmento orgánico en su lugar. No se encontró evidencia de uso de cinabrio en los incensarios efigie o en los murales de la muestra estudiada, en los análisis de difracción de rayos X y de fluorescencia de rayos X de las muestras seleccionadas.

También parece que los colores verdes no incluyen los pigmentos de minerales de cobre que se encuentran en otros sitios mayas. Los pigmentos verdes muestran picos de palygorskita y parecen prácticamente idénticos a los espectros de los pigmentos azules, lo que sugiere que los verdes utilizados en Mayapán se hicieron principalmente de manera similar al azul maya. Dado que la palygorskita es un recurso local, parece probable que el uso de este tipo de pigmento verde sea más fácil que la importación de minerales de cobre de las tierras altas de Guatemala o del oeste de México. La falta de uso de minerales de cobre como pigmentos es especialmente interesante teniendo en cuenta el hecho de que las actividades metalúrgicas (principalmente de cobre y aleaciones de cobre) ha sido ampliamente documentado en Mayapán (Paris 2008; Meanwell *et al.* 2013).

Aunque el óxido de hierro y los pigmentos de azul maya utilizan principalmente ingredientes locales, la detección de minerales accesorios, como cristobalita y anatasa, que se encuentran en contextos volcánicos, sugiere el potencial para el intercambio de pigmentos a larga distancia. Otros materiales, como el cobre y la obsidiana, fueron importados a Mayapán como parte de elaboradas redes comerciales en el periodo Postclásico y los pigmentos también pueden haber sido parte de este sistema.

## Agradecimientos

Las investigaciones arqueológicas en el sitio de Mayapán han sido financiadas por la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América en el programa de Arqueología (Masson/Peraza Lope/Hare: Nos. 1144511, 0742128, 0109426); y del Comité de Investigación y Exploración de National Geographic (Masson/Peraza Lope/Hare: Grant Number 8598-1) bajo el permiso del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Nuestro agradecimiento a Timothy S. Hare, Pedro Delgado Kú, Bárbara Escamilla Ojeda, Wilberth Cruz Alvarado y Luis Flores Cobá por su asistencia en varios aspectos del proyecto, así como a la University of Calgary y el Center for Materials Research in Archaeology and Ethnology del Massachusetts Institute of Technology.

## Referencias

Andrews, P.; E. Wyllys Andrews, y Fernando Robles Castellanos
2003 The Northern Maya Collapse and its Aftermath. *Ancient Mesoamerica* 14(1):151-156.

Cecil, Leslie y Hector Neff
2006 Postclassic Maya slips and paints and their relationship to socio-political groups in El Petén, Guatemala. *Journal of Archaeological Science* 33:1482-1491. Amsterdam.

García Moreno, R.; F. Mathis, V. Mazel, M. Dubus, T. Calligaro y D. Strivay
2008 Discovery and Characterization of an Unknown Blue-Green Maya Pigment: Veszeyite. *Archaeometry* 50(4):658-667. Oxford.

García-Valles, M.; T. Pi, P. Alfonso, C. Canet, S. Martínez, A. Jiménez-Franco, M. Tarrago, y B. Hernández-Cruz.
2015 Kaolin from Acoculco (Puebla, Mexico) as raw material: Mineralogical and thermal characterization. *Clay Minerals* 50: 405–416, Twickenham

Goodall, R.A., J. Hall, R. Viel, y P. M. Fredericks
2008 A Spectrocopic Investigation of Pigment and Ceramic Samples from Copán, Honduras. *Archaeometry* 51(1):95-109. Oxford.

Halperin, Christine y Ronald Bishop
2016 Chemical analysis of Late Classic Maya polychrome pottery paints and pastes from Central Petén, Guatemala. *Journal of Archaeological Science* 69:118-129. Amsterdam.

Hare, Timothy; Marilyn Masson y Bradley Russell
2014 High-Density LiDAR Mapping of the Ancient City of Mayapán. *Remote Sensing* 6:9064-9085.

Hartshorn, Heather
2012 *Dolomitic Lime Mortars: Carbonation Complications and Susceptibility to Acidic Sulfates*. Tesis de Maestría, Area de Historic Preservation, Columbia University, New York.

Hoggarth, Julie A.; Sebastian FM Breitenbach, Brendan J. Culleton, Claire E. Ebert, Marilyn A. Masson y Douglas J. Kennett
2016 The political collapse of Chichén Itzá in climatic and cultural context. *Global and Planetary Change* 138:25-42.

Hurst, H. y C. O'Grady
2015 Maya Mural Art as Collaboration: Verifying Artists Hands at San Bartolo, Guatemala through Pigment and Plaster Composition. En *Beyond Iconography: Materials, Methods, and Meaning in Ancient Surface Decoration* (editado por S. Lepinski), pp.35-56. Archaeological Institute of America, Boston.

Lefticariu, Mihai; Eugene C. Perry y Liliana Lefticariu
2003 Diagenetic processes in the Cenozoic sedimentary formations associated with the Chicxulub Impact Crater, northwestern Yucatán Peninsula, Mexico. En *The Second International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers - Monitoring, Modeling, and Management.* Mérida, Yucatán, México.

Masson, Marilyn A. y Carlos Peraza Lope
2014 Archaeological Investigations of an Ancient Urban Place. En *Kukulkan's Realm: Urban Life at Ancient Mayapán* (editado por M. A. Masson y C. Peraza Lope), pp.1-38. University Press of Colorado, Boulder.

Meanwell, Jennifer; Elizabeth Paris, Wilberth Cruz Alvarado y Carlos Peraza Lope
2013 Metallurgical ceramics from Mayapán, Yucatán, Mexico. *Journal of Archaeological Science* 40: 4306-4318. Amsterdam.

Milbrath, Susan; James Aimers, Carlos Peraza Lope y Lynda Florey Folan
2008 Effigy Censers of the Chen Mul Modeled Ceramic System and their Implications for Late Postclassic Maya Interregional Interaction. *Mexicon* 30:104-112.

Milbrath, Susan y Carlos Peraza Lope
2003 Revisiting Mayapan: Mexico's Last Maya Capital. *Ancient Mesoamerica* 14: 1-46.

Milbrath, Susan; Carlos Peraza Lope y Miguel Delgado Kú
2010 Religious Imagery in Mayapán's Murals. *The PARI Journal* 10(3): 1-10.

Paris, Elizabeth
2008 Metallurgy, Mayapán, and the Postclassic Mesoamerican World System. *Ancient Mesoamerica* 19: 43-66. Cambridge.

Peraza Lope, Carlos y Marilyn A. Masson
2014 Religious Practice. En *Kukulkan's Realm: Urban Life at Ancient Mayapán* (editado por Marilyn A. Masson y Carlos Peraza Lope), pp.269-424. University Press of Colorado, Boulder.

Peraza Lope, Carlos; Masson A. Masson, Timothy S. Hare y Pedro Calendario Delgado Kú
2006 The Chronology of Mayapan: New Radiocarbon Evidence. *Ancient Mesoamerica* 17(2): 153–175.

Pollock, Harry E. D.; Ralph L. Roys, Tatiana Proskouriakoff y A. Ledyard Smith (eds)
1962 *Mayapan, Yucatan, Mexico*. Carnegie Institute of Washington Publication No. 619, Cambridge, MA.

Quintana, P.; V. Tiesler, M. Conde, R. Trejo-Tzab, C. Bolio, J. J. Alvarado-Gil, y D. Aguilar.
2015 Spectrochemical Characterization of Red Pigments Used In Classic Period Maya Funerary Practices. *Archaeometry* 57(6):1045-1059. Oxford.

Russell, Bradley W.
2008 *Postclassic Maya Settlement on the Rural-Urban Fringe of Mayapán, Yucatán, Mexico: Results of the Mayapán Periphery Project*. Tesis de doctorado, Departamento de Antropología, University at Albany, Albany, NY, USA.

Russell, Bradley W.
2013 Fortress Mayapán: Defensive features and secondary functions of a Postclassic Maya Fortification. *Ancient Mesoamerica* 24(2):275–294.

Saturno, William; Heather Hurst, Franco Rossi, y David Stuart
2015 To set before the king: residential mural painting at Xultun, Guatemala. *Antiquity* 89: 122-136. Cambridge.

Smith, Robert Eliot
1971 *The Pottery of Mayapan*. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Cambridge, MA.

Thompson, J. Eric S.
1957 Deities Portrayed on Censers at Mayapan. *Current Reports* No. 40, Carnegie Institution of Washington, Department of Archaeology, Washington, DC.

Weeks, John M. y Jane A. Hill (eds)
2006 *The Carnegie Maya: The Carnegie Institution of Washington Maya Research Program, 1913-1957*, Boulder (CO): University Press of Colorado.

Figura 1. Incensario efigie de Mayapán. Fotografía por C. Peraza Lope.

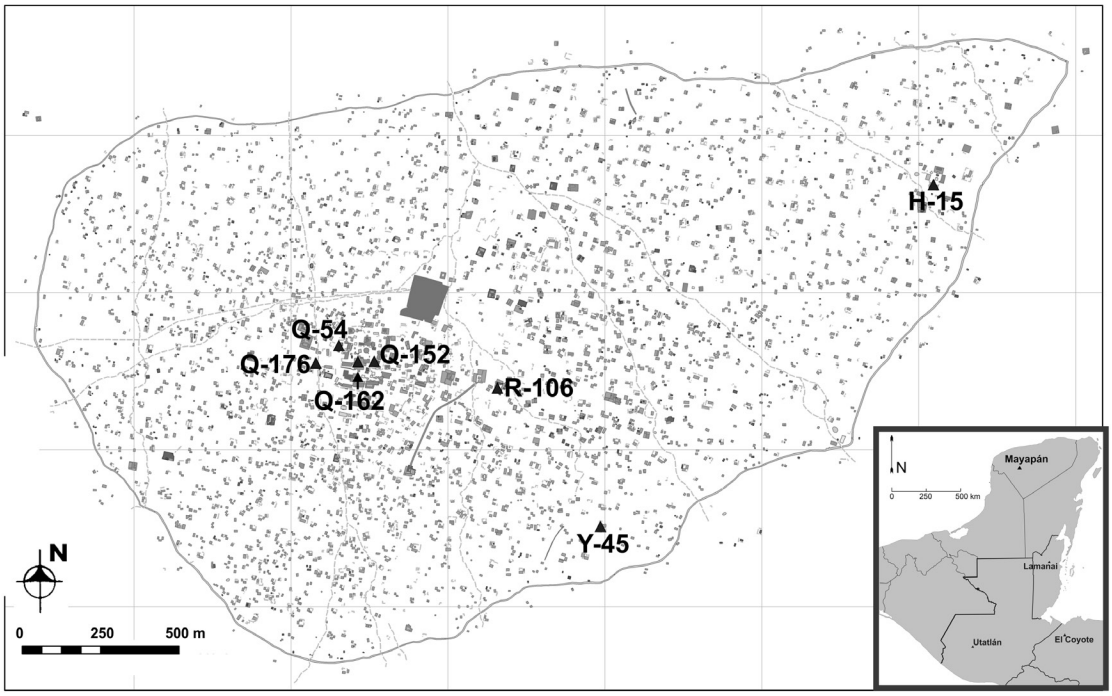


Figura 2. La ubicación del sitio de Mayapán en la península Yucatán y los contextos de donde se analizaron los pigmentos. Dibujo por T. Hare y E. Paris.

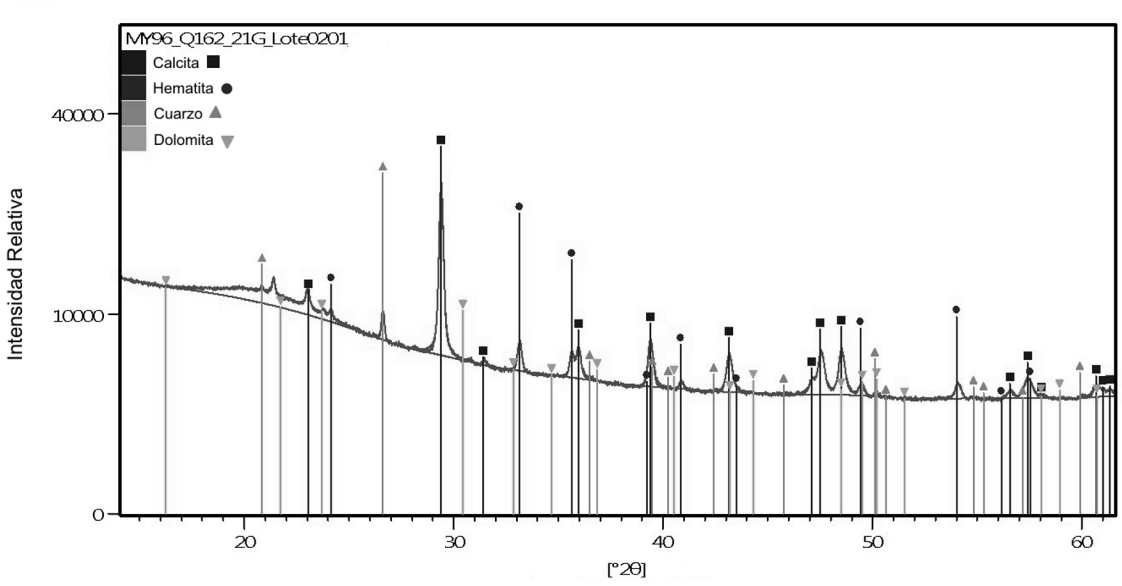


Figura 3. El perfil de difracción de rayos X de una muestra de pigmento rojo con picos de calcita, hematita, cuarzo y dolomita. Dibujo por J. Meanwell.

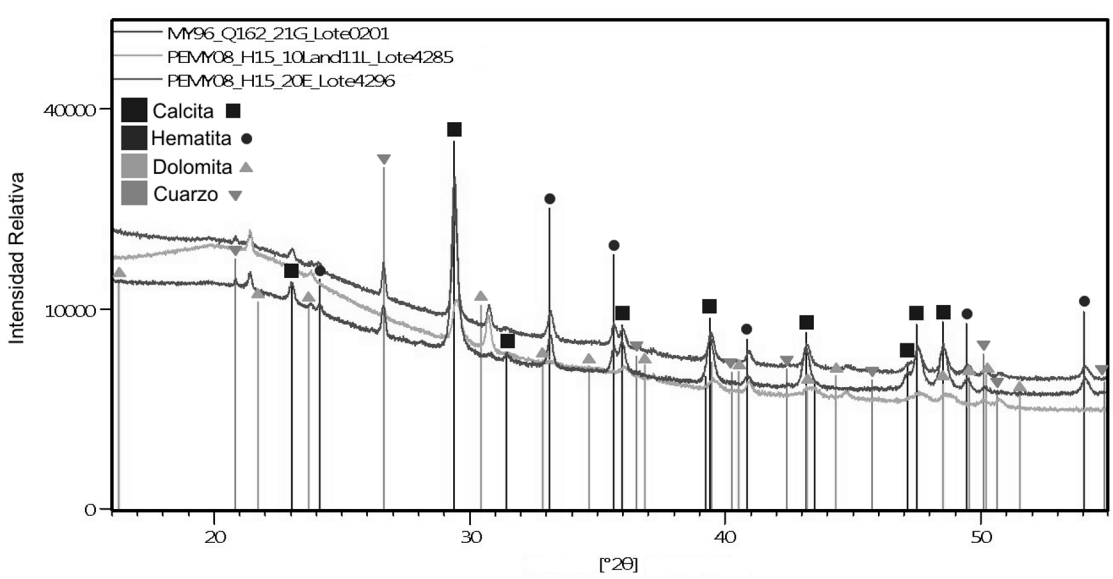


Figura 4. Tres ejemplos de los perfiles de difracción de rayos X de pigmentos rojos; dos con picos prominentes de hematita. Dibujo por J. Meanwell.

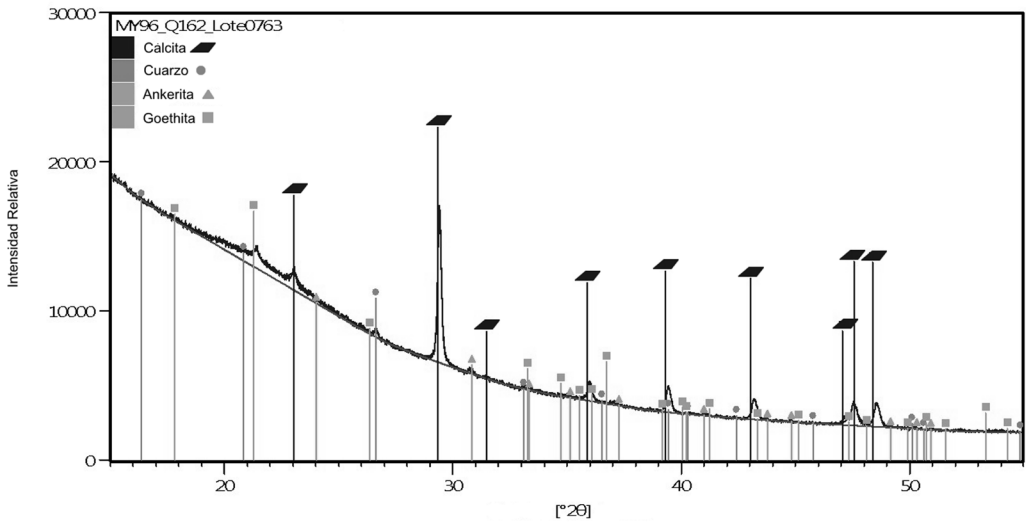


Figura 5. El perfil de difracción de rayos X de una muestra de pigmento amarillo con picos de calcita, cuarzo, ankerita y goethita. Dibujo por J. Meanwell.

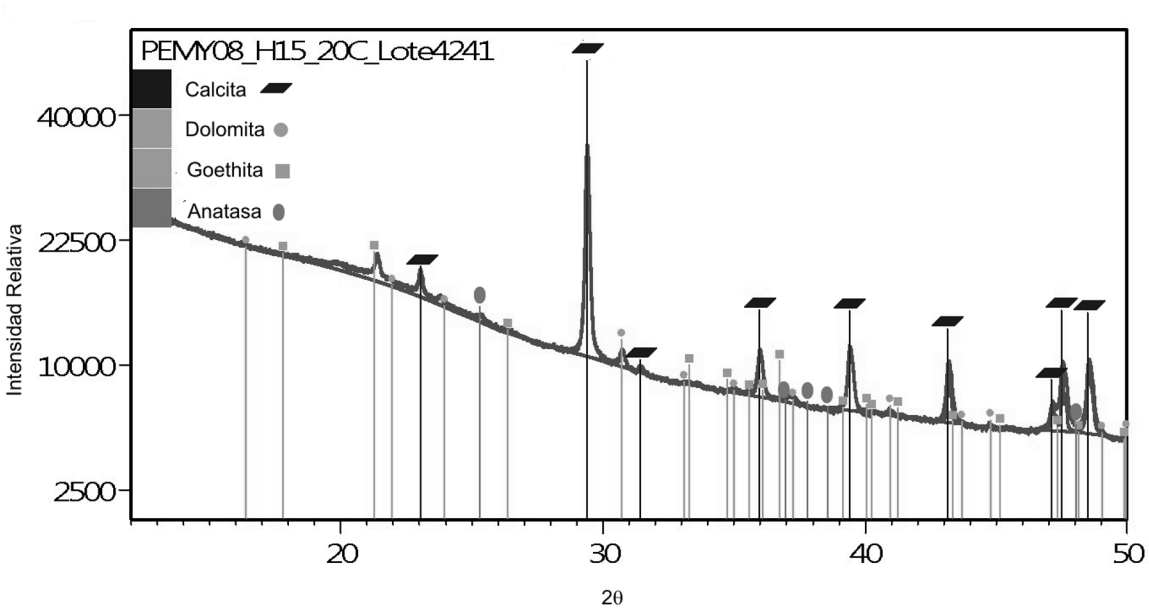


Figura 6. El perfil de difracción de rayos X de un pigmento anaranjado con picos de calcita, dolomita, goethita y anatasa. Dibujo por J. Meanwell.

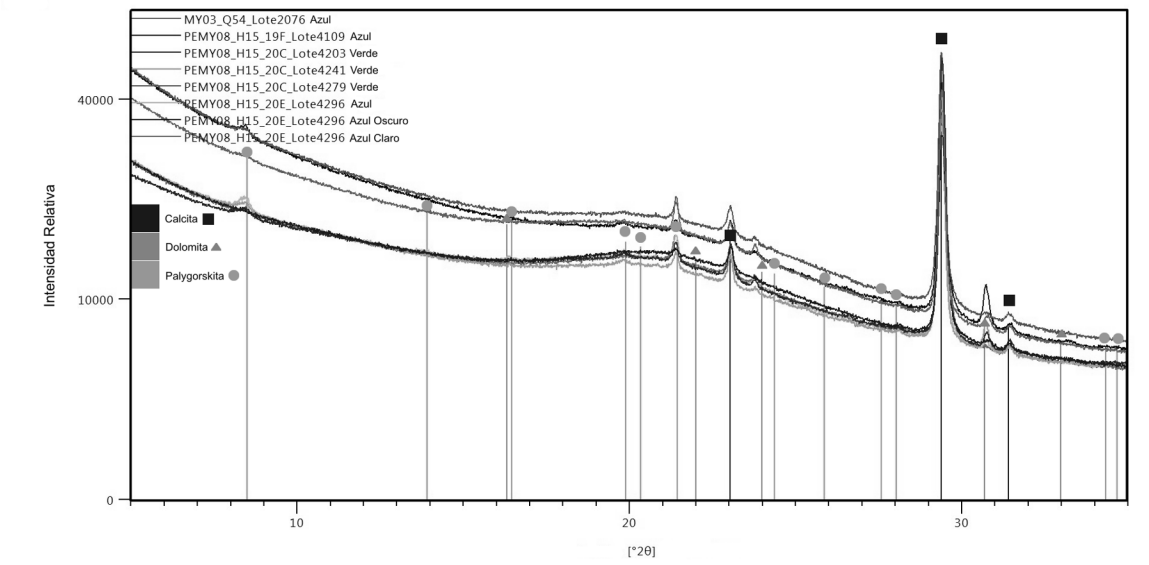


Figura 7. Los perfiles de difracción de rayos X de las muestras verdes y azules. Todos tienen los picos para palygorskita. Dibujo por J. Meanwell.

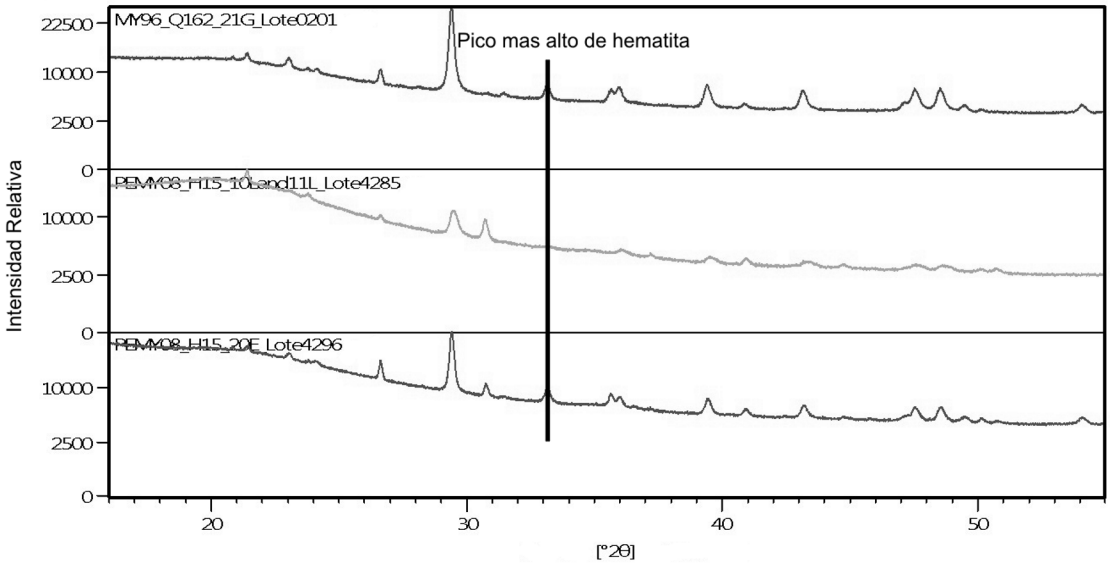


Figura 8. Los perfiles de difracción de rayos X de tres muestras de pigmento rojo.
La muestra en medio no tiene picos de hematita como los demás. Dibujo por J. Meanwell.