



---

---

82.

MÁS ALLÁ DEL JADE Y LA PIRITA:  
DIVERSIDAD DE MATERIAS PRIMAS MINERALES  
UTILIZADAS EN LA ÉPOCA PREHISPÁNICA

---

---

*Tomás Barrientos Q., Andrea Sandoval, Yoshiyuki Iizuka, Shintaro Suzuki y Pablo Estrada*

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:

Barrientos Q., Tomás *et al.*

2020 Más allá del jade y la pirita: Diversidad de materias primas minerales utilizadas en la época Prehispánica. En *XXXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2019* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y G. Ajú Álvarez), pp. 1021-1036. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

# MÁS ALLÁ DEL JADE Y LA PIRITA: DIVERSIDAD DE MATERIAS PRIMAS MINERALES UTILIZADAS EN LA ÉPOCA PREHISPÁNICA

Tomás Barrientos Q.  
Andrea Sandoval  
Yoshiyuki Iizuka  
Shintaro Suzuki  
Pablo Estrada

## PALABRAS CLAVE

Maya, Piedra verde, Jade, Jadeíta Onfacita, Pirita, Hematita, Goethita, Minerales de Hierro, Espejo, Semetabaj, Monte Alto, Cancuen, La Corona.

## ABSTRACT

*We present the preliminary results of a geochemical and geophysical research focused in the a particular kind of minerals used by precolumbian populations in the Maya region. Beginning in 2017, we have initiated a process of mineral identification through archaeometric techniques such as x ray diffraction and fluorescence, allowing us to obtain new data on the diversity of raw materials used for elaborating artifacts, especially of ornamental use. These incipient results have revealed the use of other types of greenstone apart from jadeite, as well as the possibility of different types of iron ores, apart from pyrite and hematite, for elaborating reflective objects such as mirrors. Although for now we have only analyzed a small sample, the data demonstrate the potential of these analytical methods, but also open a new research line that will improve significantly our knowledge about the use mineral raw materials in precolumbian times.*

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta los resultados preliminares de varios análisis de artefactos realizados entre 2017 y 2019, cuyo objetivo ha sido la identificación de materias primas minerales usadas en la época prehispánica en el área Maya. Los datos que aquí se incluyen no son de ninguna manera una investigación exhaustiva sobre el uso de minerales por las poblaciones prehispánicas, sino el inicio de un proyecto que pretende investigar un tipo específico de materias primas (minerales verdes y minerales de hierro) mediante la perspectiva de la arqueometría, la cual ha tenido un crecimiento reciente a partir del desarrollo de nuevas tecnologías. Aunque los datos corresponden a una etapa preliminar, constituyen un aporte importante a la continuación de estudios anteriores y son una muestra del potencial que tiene la arqueometría y la investigación multidisciplinaria

en la Arqueología maya. Se espera entonces que este trabajo contribuya a la prueba científica de ideas anteriores, pero también que ayude a formular nuevas interrogantes, en especial lo relacionado a los patrones de aprovechamiento de recursos minerales y los modelos económicos y comerciales de su distribución en el área Maya y Mesoamérica durante la época prehispánica.

## METODOLOGÍA Y COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

Este proyecto de análisis arqueométrico de materias primas minerales usadas en la época prehispánica en la región Maya es liderado por el Centro de Investigaciones Arqueológicas y Antropológicas de la Universidad del Valle de Guatemala (CIAA-UVG), con la colaboración directa del Centro de Investigación y Desarrollo (CI+D/CETEC) de Cementos Progreso y el Instituto

de Ciencias de la Tierra de la Academia de Ciencias Sínica de Taiwán. Esta cooperación ha permitido utilizar equipo especializado, que incluye un difractor de rayos X de la marca Panalytical modelo EMPYREAN. Desde 2015, en el CI+D/CETEC se han aplicado pruebas de difracción de rayos x (XRD), fluorescencia de rayos x (XRF), termogravimetría (TGA) y espectrofotometría UV-VIS a varios artefactos de minerales de hierro y minerales verdes procedentes de los sitios Reynosa, Cancuen y La Corona. Recientemente, en 2018, Iizuka realizó análisis de fluorescencia de rayos X por energía dispersiva (edXRF), utilizando un aparato portátil marca Oxford, modelo X-Met 7500. En esta ocasión se analizaron artefactos provenientes de los sitios Semetabaj, Kaminaljuyu, Monte Alto, La Corona y Cancuen.

### MINERALES VERDES

Uno de los dos objetivos de este proyecto es la identificación de distintos tipos de minerales verdes (*greens-tone* en inglés), ya que la fabricación de artefactos de este color ha sido una de las principales características de las sociedades mesoamericanas, en especial los grupos asentados en la región Maya. Estos objetos, mayormente con fines ornamentales, fueron realizados con minerales de gran dureza, como lo es la jadeíta. Tradicionalmente se ha identificado estos minerales como jade, o simplemente como “piedra verde”, por lo que estos estudios preliminares han empezado a revelar una variedad mucho más amplia de materias primas que pueden identificarse con mayor exactitud.

### OBSERVACIONES GEOQUÍMICAS

Es importante aclarar que cuando se refiere al jade no necesariamente se limita a la jadeíta ( $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ ), sino también se utiliza como referente a otros minerales, especialmente nefrita ( $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe}^{2+})_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ ) y onfacita ( $((\text{Ca,Na})(\text{Mg,Fe}^{2+},\text{Al})\text{Si}_2\text{O}_6)$ ). De hecho, el jade generalmente está compuesto por la combinación de jadeíta con otros minerales menores, por lo que es raro encontrar jadeíta con un 100% de pureza.

En los yacimientos guatemaltecos, el jade o jadeíta se encuentra en inclusiones tectónicas de mezclas de serpentinita, junto a otros minerales como la onfacita, albita (albitita), mica blanca (muscovita fengitica paragonita, flogopita y/o preiswerkita), onfacita-metabasita taramita, esquistos de clorita-actinolita, carbonato-talco y antigorita, entre otros (Harlow 1994; Harlow *et al.* 2011; 2006:5). También es común que el jade esté “al-

terado” por la presencia de albita, en un proceso que se conoce como “albitización” (Harlow 1994:49, 53), pero que puede suceder con otros minerales como la onfacita, cuando adquiere ciertas tonalidades de color verde oscuro o incluso verde azulado, a tal grado que cuando el porcentaje de jadeíta es muy inferior al de la onfacita, se convierte en onfacitita (Harlow *et al.* 2011:366,372-4,377; McClure 2012). En el caso del jade negro, su coloración también se debe a la presencia de onfacita, y se le conoce como metabasita (Harlow 1994:51). De esta manera, las jadeítas blancas contienen casi solo jadeíta, mientras que las de color verde contienen otros componentes, usualmente onfacita. El color verde esmeralda (“jade imperial”) es creado por un componente de cromo  $\text{Cr}_3$  en la jadeíta u onfacita (Harlow 1994:58; Harlow *et al.* 2011:374). Estas diferencias en coloración y composición química pueden relacionarse a su procedencia geológica, ya que los yacimientos identificados al norte de la falla del Motagua contienen jadeíta que varía de color blancuzco a gris pálido y verde pálido, mientras que al sur de la falla presentan coloración que varía de verde claro a oscuro, incluyendo verde “intenso” (Harlow *et al.* 2011:366-8).

Por lo expuesto anteriormente, el uso del término “jade” tiende a causar confusión. Por ejemplo, en el Sureste de Asia el término aplica a la nefrita y la jadeítita, por lo que se especifica si se trata de *jade jadeíta* o *jade nefrita* (Harlow *et al.* 2006: 3). Recientemente se han definido otros dos tipos: el *jade onfacita* y el *jade cosmocloro* (ureyita) (McClure 2012; Franz *et al.* 2014). En el caso del jade Maya, parece necesario entonces especificar si los objetos identificados como tales corresponden a *jade jadeíta* o *jade onfacita*, dependiendo del porcentaje mayoritario de cada mineral presente en cada muestra. Sin embargo, la distinción entre jadeíta y onfacita es muy difícil usando de pruebas gemológicas ordinarias, ya que ambos minerales tienen las mismas propiedades gemológicas (apariencia, color, textura, RI, SG, y espectro de absorción). Es por ello que Franz *et al.* (2014:224) indican que el mejor método para detectar estas diferencias es el uso de micro-espectroscopia Raman.

### ANÁLISIS DE MATERIALES

Para la identificación de minerales verdes se analizó una muestra de 172 artefactos provenientes de los sitios de Semetabaj (29), Kaminaljuyu (34), Monte Alto (56), La Corona (53), con el objeto de contar con datos de las tres regiones geográficas del área Maya (Figura 1).

De manera general se identificaron, además de la jadeíta y la onfacita, otros nueve minerales: mica, clorita, limolita, talco, anortita, esquisto, serpentina, pirofilita y amazonita.

En Semetabaj se analizó con edXRF la totalidad de minerales (verde y otros colores) que han sido recuperados en excavaciones por el Proyecto Arqueológico Semetabaj de la Universidad del Valle de Guatemala. Esta muestra consiste en 29 artefactos, siendo la mayoría cuentas de collar y pertenecientes a los periodos Clásico Temprano y Clásico Tardío (Figura 2). En Monte Alto, la muestra consistió de 56 artefactos de minerales verdes, la mayoría provenientes de contextos del Preclásico Tardío, aunque todavía no se han identificado todos (Figura 2). Los análisis de edXRF en las muestras de La Corona se complementaron con XRD para 3 objetos, lo que ha permitido definir los porcentajes de jadeíta y onfacita en los artefactos, distinguiendo así jadeíta pura, jade jadeíta y onfacitita (Figura 3). La implementación de XRD en los objetos previamente seleccionados a partir de los datos de edXRF puede ser de gran utilidad para la identificación de fuentes geológicas específicas. Por ejemplo, se ha determinado que los yacimientos con mayor ocurrencia de onfacita son los de Carrizal Grande, en el sur de la falla del Motagua. También, se ha determinado que la presencia de mica con jadeíta solamente se encuentra al norte de la falla del Motagua (Harlow *et al.* 2011:379,384).

Los análisis realizados en el sitio de las Tierras Bajas han mostrado un alto porcentaje (91% de las muestras ya identificadas) en el uso de jade (ya sea jadeíta u onfacita), pero en uno de los sitios de las Tierras Altas (Semetabaj), el jade solo fue un 35% de los minerales usados, especialmente por el uso de mica, clorita y talco (Figura 2). Las implicaciones de estos datos preliminares son de gran importancia, ya que muchas de estas materias primas pueden localizarse en las regiones inmediatas a estos sitios y por lo tanto su obtención no necesariamente requirió de redes de intercambio a larga distancia.

## MINERALES DE HIERRO

A pesar que en los inicios de la Arqueología maya hubo un gran interés por los objetos elaborados con pirita y otros minerales de hierro (Kidder, Jennings y Shook 1946; Smith y Kidder 1951:44), no fue sino hasta inicios del Siglo XXI que se han efectuado estudios específicos con relación al uso de estas materias primas, en especial la fabricación y uso de objetos reflexivos o

“espejos”. De cualquier forma, todos los autores coinciden que el trabajo de estos minerales constituye una de las actividades artesanales más sobresalientes que caracterizan a Mesoamérica en la época prehispánica.

De todos los minerales de hierro aprovechados en la región Maya destaca la pirita, un mineral de hierro y azufre ( $\text{FeS}_2$ ), también conocido como el “oro de los tontos”, ya que tiene una superficie brillante y reflexiva de color amarillento, muy similar a la del oro. Puede encontrarse en forma radial, amorfa y densa (Gallaga 2014: 292), siendo esta última con facetas triangulares, cúbicas, pentagonales y otras mucho más complejas (Arrouvela y Eon 2019). Sus yacimientos generalmente consisten en cristales aislados dentro de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, o en grandes afloramientos que pueden ser explotados en canteras o minas.

Después de la pirita, el otro mineral de hierro que fue utilizado extensivamente en la época prehispánica es la hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que se puede encontrar de forma compacta con un color negro o negro grisáceo y lustre plateado metálico brillante (hematita especular), o como polvo de color rojo (hematita terrosa) (Blainey 2007: 168).

Una de las características de la pirita y los demás minerales de hierro es que en condiciones geológicas específicas pueden transformarse en otros minerales de hierro, como es el caso de la transformación de pirita a goethita ( $\alpha\text{-FeO(OH)}$ ), conocida como “goethita pseudomórfica de pirita”. Este fenómeno mineralógico, conocido como “pseudomorfismo”, consiste en una post-cristalización en la cual un mineral es encontrado en una forma cristalina atípica debido a un proceso de sustitución del mineral anterior. Como resultado, la forma del mineral original se conserva pero la dureza y el color cambia debido al remplazo del mineral anterior por otro (Nesse 2000:92). La hematita también se transforma en goethita por procesos de hidratación, adquiriendo coloración de ocre amarillento, ocre rojizo y ocre café (Beovide *et al.* 2015:7). Se entiende que esta última transformación puede producirse solo de manera superficial en la pieza, dificultando la identidad la materia prima utilizada. Esto puede explicar porqué en algunas ocasiones esta capa se confunde con algún pigmento o algún adhesivo (Gazzola 2016:109). De cualquier forma, como se verá más adelante, los pocos estudios realizados en torno a los minerales de hierro usados en la época prehispánica indican que el rango de tipos de materia prima pudo ser bastante amplio, abarcando una variedad mucho mayor que solamente la pirita y la hematita. En el caso de la goethita, llama

la atención que no se ha documentado en contextos arqueológicos en Mesoamérica, y solamente hay pocas referencias en contextos prehistóricos en Uruguay (Beovide *et al.* 2015:7), donde fue usado como pigmento junto a la hematita. Otro mineral muy similar a la pirita es la marcasita (FeS<sub>2</sub>), que es un poco más amarilla y por eso se le conoce como “pirita blanca” (Blainey 2007: 166; Johnson *et al.* 1995).

#### TIPOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE ARTEFACTOS FABRICADOS CON MINERALES DE HIERRO

Los minerales de hierro se utilizaron principalmente para elaborar objetos reflexivos que han sido llamados “espejos”, aunque su función difiere del concepto puramente estético de los espejos del Viejo Mundo. Los espejos mesoamericanos generalmente son de forma circular, de varios tamaños, aunque también hay algunos cuadrangulares y de formas compuestas. La presencia de espejos en la región Maya se conoce desde 1893 (Blainey 2007:52) y mientras las investigaciones avanzan, su distribución geográfica es cada vez más amplia, lo que ha permitido definir sus principales características.

Mata (2003:81) define 4 tipos de espejos mesoamericanos: 1) hechos con minerales de hierro; 2) hechos solamente con pirita; 3) hechos con pirita y adheridos a una base; y 4) espejos de obsidiana.

Sin embargo, para fines de esta investigación se propone una clasificación de espejos de minerales de hierro basada en las técnicas de su manufactura, independientemente del material que fue utilizado para su elaboración: 1) espejos de una sola pieza; 2) mosaico de piezas de forma poligonal; y 3) realizados con “mezcla” de materiales (espejos compuestos) (Figura 4). Los del Tipo 1 suelen ser los más raros y parecen ser los de mayor antigüedad, ya que en la región Olmeca se han recuperado varios espejos cóncavos de una pieza (Blainey 2007:44-5; Gallaga 2014:280). En la región Maya destacan dos ejemplares de este tipo que se encuentran en el Museo Nacional de Arqueología y Etnología de Guatemala, de los cuales uno fue encontrado en el fondo del lago de Amatitlán, en el sitio Mexicanos. Otros se han reportado en Piedras Negras y Palenque (Blainey 2007; Mata 2003). El Tipo 2 es el más común en la zona Maya, aunque están presentes en otras regiones mesoamericanas. Las placas o piezas de mosaico fueron adheridos con aglutinantes orgánicos a bases de piedra (arenisca, pizarra), cerámica o madera. El Tipo 3 ha sido reconocido recientemente (Nelson *et al.* 2005) y consiste en la creación de una superficie reflexiva mediante pequeñas

partículas de mineral de hierro, generalmente de pirita, dentro de una matriz arcillosa o de otros minerales de hierro. Esta mezcla se adhiere a una base de piedra arenisca, pizarra o mineral de hierro. Esta técnica se ha identificado en las incrustaciones dentales del sitio Reynosa, que por su fecha del Preclásico Medio parecen ser las más antiguas de Mesoamérica (Suzuki *et al.* 2018; Sandoval *et al.* e.p.). Se han reportado pocos casos de estos espejos compuestos, posiblemente porque su identificación requiere un análisis microscópico, pero se puede inferir que corresponde a muchos casos donde solamente se ha conservado la base y/o aglutinante, con algunos restos de los granos de pirita. Los casos identificados provienen de Kaminaljuyu y Piedras Negras, y también se han encontrado piezas poligonales de mosaico que también fueron elaboradas con esta técnica compuesta (Nelson *et al.* 2005:6).

En la región Maya, espejos completos o partes de espejos (bases y/o piezas de mosaico) se han reportado en alrededor de 50 sitios (Figura 5): Actun Tunichil Muknal, Aguateca, Altar de Sacrificios, Altun Ha, Baking Pot, Barton Ramie, Bilbao, Bonampak, Buenavista del Cayo, Cahal Pech, Cancuen, Ceibal, Cerros, Chamá, Chichén Itzá, Cobá, Copán, Dos Hombres, Dos Pilas (Cueva Murciélagos), Dzibilchaltun, Hatzcap Ceel, El Portón, Guaytán (San Agustín Acasaguastlán) Holmul, Kaminaljuyu, Kendal, Kixpek, La Corona, Labná, Lubaantun, Machaquilá, Mayapan, Mexicanos, Minanha, Nebaj, Pacbitun, Palenque, Piedras Negras, Pusilha, Quirigua, San José, Río Amarillo, Río Azul, Tenam Puente, Tikal, Topoxte, Uaxactun, Zacualpa y Zaculeu (Mata 2003, Blainey 2007; Nelson *et al.* 2005; Kovacevich 2016).

En otras partes de Mesoamérica, se han encontrado espejos de minerales de hierro en varios sitios y regiones, como la zona Olmeca, Oaxaca (Etlatongo y San José Mogote), Chiapa de Corzo y varios complejos residenciales y estructuras principales de Teotihuacán, así como los estados mexicanos de Michoacán, Puebla y Veracruz (Blainey 2007; Young-Sánchez 1990:328,341) (Figura 5). En la región sur periférica de Mesoamérica los espejos se han encontrado en el norte de Honduras, Nicaragua y Costa Rica, y se han reportado algunos ejemplos más al sur, en Panamá, Ecuador y Perú (Blainey 2007; Stone y Balser 1965; Dennett y Blainey 2016).

En cuanto a evidencia de manufactura, se han identificado talleres de minerales de hierro en Cancuen (Barrientos *et al.* 2001; Kovacevich 2016) (Figura 6) y Aguateca, así como un taller de bases de piedra en Pacbitun (Gallaga 2014: 288). Cabe destacar la presen-

cia de un posible taller de elaboración de espejos en la parte oeste de la Pirámide de La Luna en Teotihuacán (Turner 1992, citado en Mata 2003: 832) y en San José Mogote, Oaxaca (Gallaga 2016:32). En Aguateca se ha recuperado un total de 455 piezas de mosaicos, 19 formas tridimensionales y diez placas, de los cuales destacan los objetos encontrados en la Estructura M8-4, llamada “La Casa de los Espejos”, donde se encontraron más de 300 piezas de mosaico en la Cámara Sur del edificio (Aoyama 2007:19; Inomata *et al.* 2001:315). Este es uno de los pocos contextos no funerarios donde se han recuperado fragmentos de mosaico de mineral de hierro, algunos de los cuales estaban en proceso de ser modificados para usarse como parte de un tocado.

En varias excavaciones se han recuperado otros objetos realizados con minerales de hierro que no corresponden a espejos. Varios de estos son cuentas de collares, las cuales tienen mucha similitud a las realizadas con minerales verdes como el jade, y que se han reportado en La Corona, Cancuen, Pachitun y Lubaantun (Figura 7). Otros objetos de mineral de hierro son piezas de mosaico que constituyeron pectorales y tocados, tal como se ha reportado en sitios como Tak'alik Ab'aj, Aguateca, Tikal y La Corona (Blainey 2007; Kovacevich 2016). En cuanto a las incrustaciones dentales, a pesar que hubo una preferencia por el uso de minerales verdes, también se utilizaron minerales de hierro, como en los casos reportados en Reynosa y Cancuen (Suzuki *et al.* 2018; Sandoval *et al.* e.p.; Kovacevich 2016). Finalmente, a pesar que es bien conocido el uso de la hematita como pigmento rojo, algunos estudios recientes han identificado pigmentos hechos con una mezcla de cinabrio y pirita (Quintana *et al.* 2015).

#### IDENTIFICACIÓN DE MINERALES DE HIERRO

Tradicionalmente, el mineral de hierro “más preferido” en la elaboración de los espejos mesoamericanos se ha identificado como pirita (Blainey 2007: 113, 166). Esto supone que hubo preferencia para el color dorado-amarillento metálico, similar al oro, lo que ha sido asociado con un culto solar o al fuego (Coggings 1988). No obstante, cabe destacar que la mayoría de autores reconocen que los espejos también fueron fabricados con minerales que no necesariamente tienen un brillo dorado, especialmente la hematita y hematita especular, aunque también los reportes de excavación incluyen términos como “hematita cristalina”, “pirita oxidada” y “pirita descompuesta” que pueden referirse a otros tipos de minerales (Blainey 2007; Gallaga 2014; Gazzola 2016;

Kovacevich 2016:74; Mata 2003; Melgar *et al.* 2014; Nelson *et al.* 2005:1). De hecho, varios reportes y estudios especializados sugieren la utilización de diversos óxidos de hierro para la fabricación de espejos, debido a su similitud con la pirita y la hematita. Entre estos se puede mencionar: marcasita (Blainey 2007:86,93,104), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) (Blainey 2007:49; Gallaga 2014:280; Kovacevich 2016:74; Mata 2003:7; Nelson *et al.* 2005:1), titanomagnetita ( $\text{TiFe}_2\text{O}_4$ ) (Blainey 2007:173), limonita ( $\text{FeO}(\text{OH})_n\text{H}_2\text{O}$ ) (Blainey 2007: 73; Gazzola 2016:109), pirrotina o pirita magnética ( $\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$ ) (Blainey 2007: 103), ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ) (Blainey 2007: 164; Gallaga 2014: 280; Kovacevich 2016:74), siderita ( $\text{FeCO}_3$ ) (Melgar *et al.* 2014:44) y jarosita ( $\text{KF}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)$ ) (Gazzola 2016:109). (Figura 8)

De acuerdo al estudio exhaustivo de Blainey (2007: 42-103), el porcentaje de los 192 casos en que se ha hecho una identificación del material, la pirita es mencionada en 155 (81%) y solamente 37 como hematita (19%). Sin embargo, al revisar las citas textuales de los reportes de excavación, hay muchos casos en los que se menciona solamente “mineral de hierro” o la identificación no define si es “pirita o hematita”. En otros casos solamente se han encontrado las bases de los espejos y no es claro si fueron de tipo compuesto o de mosaico. De cualquier forma, si se toma en cuenta la ambigüedad de las identificaciones de minerales, la relación entre pirita y hematita podría ser significativamente diferente, y se abre la posibilidad que se hayan utilizado otros minerales de hierro. Es por ello que es necesaria una revisión de estos datos y realizar una identificación más detallada de las materias primas. Este problema ya ha sido reconocido por Blainey (2007: 165-7, 189), Gallaga (2014: 274) y Nelson *et al.* (2005:1), quienes reconocen que la identificación “rápida” y visual no ha sido probada científicamente, y que sin técnicas geoquímicas avanzadas no se podrá realizar con exactitud.

Si la identificación correcta y precisa de los minerales de hierro es difícil en condiciones óptimas, su identificación en contextos arqueológicos es todavía más compleja, especialmente por los efectos de su inestabilidad química. En el caso de los objetos de pirita, son susceptibles a oxidación rápida y a descomposición por efecto de humedad, por lo que no suelen encontrarse superficies pulidas bien conservadas. En otros casos, solamente se encuentra descompuesta en forma de polvo o coloración sobre la superficie de la base de los espejos, lo que ha llevado a confundirlos con pigmentos, cuando en realidad son “hematita o pirita convertidos en minerales secundarios” (Gazzola 2016:108-9,117). Además,

se ha propuesto que este proceso de biooxidación fue causado, además de la oxidación e hidratación, por la acción de bacterias presentes en los adhesivos orgánicos de los espejos (*Ibíd.* 121). A este respecto, Arrouvela y Eon (2019) indican que los procesos de transformación de la pirita y otros minerales de hierro todavía no se comprenden en su totalidad y ha sido hasta este siglo que se empieza a entender el crecimiento de cristalino de la pirita, considerando los aspectos termodinámicos y cinéticos de la formación de cristales como una función de la temperatura y la concentración de elementos presentes en el medio.

Si bien es cierto que existen estas limitantes, los artefactos analizados en este estudio preliminar (Cancuen y La Corona) no presentan signos de alteraciones significativas en su composición química, por lo que se consideran lo suficientemente conservadas para poder realizar una identificación precisa. Caso especial es el espejo de pirita recuperado en el fondo del lago de Amatitlán, posiblemente el mejor conservado de todos, porque fue encontrado “entre una arena caliente de origen volcánico que contiene componentes de azufre” (Mata 2003: 834). De cualquier forma, la evidencia más importante para la identificación de minerales de hierro es la presencia de nódulos en su estado natural, los cuales se han recuperado en sitios como Cancuen (Kovacevich 2016) y Minanha (Blainey 2007: 103). Al analizar estos nódulos se obtiene información de los minerales en el estado en que fueron usados como materia prima, y no como resultado de una descomposición posterior de su manufactura y abandono.

Es evidente entonces la necesidad de realizar una identificación más exacta y sistemática de la variedad de minerales de hierro usados por las poblaciones prehispánicas de la zona Maya y en toda Mesoamérica. Hasta ahora, salvo muy pocos casos, esto se ha hecho por simple inspección visual. Además, el hecho que las publicaciones generalmente muestran los artefactos en fotos en blanco y negro, limita aún más la identificación, ya que no permite apreciar la coloración de los minerales en los casos en que han conservado sus superficies originales.

#### YACIMIENTOS DE MINERALES DE HIERRO

Varios estudios geológicos han identificado una amplia distribución de yacimientos de minerales de hierro por toda la región Maya (Blainey 2007:171-4; Gallaga 2014:296; Gallaga 2016:39; Kovacevich 2016:74). Las mayores concentraciones de minerales de hierro en la

región Maya se encuentran en un “Depósito Masivo” en la región de Chiquimula, así como en un “Depósito Residual” en la frontera entre los departamentos de Izabal y Zacapa. Varios depósitos en las Montañas Mayas de Belice, donde se ha reportado hematita y pirita (Gallaga 2014:296), se encuentran en la zona de Muklebal Tzul, Quebrada Oro, Trakettle Camp y Ramos Quebrada (Abramiuk y Meuer 2006:339,345). Graham (1987:754) también indica que estos minerales se encuentran en las tres intrusiones graníticas de Mountain Pine Ridge Batholith, Cockscomb Batholith y Hummingbird, siempre en las Montañas Mayas, aunque su mayor concentración se encuentra en el drenaje Ceibo Chico-Chiquibul. Afloramientos de minerales de hierro se han reportado en Huehuetenango, Aguacatán, Jalapa, Quetzaltenango, Chinautla y la zona Chixoy-Polochic, así como en Copán (mina El Quetzal) y otras zonas de Honduras como la mina Mochito y Agalteca, en el departamento Francisco Morazán. En El Salvador se han encontrado yacimientos de pirita en la mina San Sebastián y hay reportes de la presencia de magnetita a lo largo de la Costa Pacífica (Blainey 2007:172; Gallaga 2016:39; Kovacevich 2016:74). Fuera de la región Maya, se han identificado depósitos en los estados mexicanos de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (Blainey 2007:175; Melgar *et al.* 2014:44).

Aunque los reportes de yacimientos son en ocasiones específicos para pirita, hematita o magnetita, su ocurrencia no es exclusiva, ya que los minerales de hierro generalmente co-ocurren entre sí, de forma mezclada, tomando en cuenta su alta predisposición a transformaciones químicas. No obstante, la identificación precisa del mineral con que fue fabricado cada artefacto puede ser de gran ayuda para definir la proveniencia geográfica de su materia prima, lo que a su vez es la base para construir modelos económicos y de intercambio. Para ello es necesario realizar visitas de campo para definir características más específicas de los minerales de hierro y compararlas con los artefactos analizados, en especial la presencia de los “minerales secundarios” que acompañan a la pirita y hematita, o que son el resultado de la transformación de éstos.

#### ANÁLISIS DE MATERIALES

Como ya se ha mencionado, para la identificación correcta de minerales de hierro es necesario el uso de metodologías arqueométricas como edXRF y XRD, ya que

la caracterización visual no permite una identificación precisa, dentro de la alta variedad que existe de estos minerales. Para este proyecto, se realizaron algunos análisis de edXRF en 18 muestras seleccionadas de los sitios Reynosa (4), Cancuen (2) y La Corona (12). En Reynosa, se identificaron incrustaciones dentales con fragmentos de pirita dentro de una mezcla de óxido de hierro, mientras que en Cancuen y La Corona se detectó hematita y goethita solamente, sin evidencia de pirita (Figura 10).

Por lo tanto, se ha podido identificar hematita/goethita como un mineral usado para la fabricación de espejos de mosaico en dos sitios de las Tierras Bajas (Cancuen y La Corona) y fechados para el periodo Clásico Tardío, específicamente en la última parte del Siglo VIII d.C. En Cancuen, análisis anteriores con XRD habían dado como resultado la identificación de pirita (Kovacevich 2016), por lo que hay que revisar las posibles causas por las cuales se ha identificado como goethita en el presente estudio. En cualquier caso, la relevancia de este dato es que no se analizaron solamente artefactos ya terminados, sino también un fragmento de nódulo sin trabajar, de estructura cúbica. Por sus características físicas y visuales se propone que no se trata de goethita común, sino goethita pseudomórfica de pirita, lo que podría explicar la ambigüedad en su identificación. En los casos de los fragmentos de mosaico de espejo, el buen estado de conservación de las muestras analizadas descartaría la idea que la identificación de goethita, y no pirita o hematita, sea resultado de procesos de oxidación o descomposición como parte de los procesos de formación arqueológica, ya sea natural o cultural.

En el caso de la incrustación dental del Entierro 32 de Reynosa, fechada para el Preclásico Tardío, se identificó como hematita (Sandoval *et al.* e.p.). Las incrustaciones del Entierro 20 de Reynosa se identificaron como espejos compuestos, que incluyen fragmentos muy pequeños de pirita dentro de una matriz de mineral de hierro (Suzuki *et al.* 2018; Sandoval *et al.* e.p.).

La identificación de goethita como material para la fabricación de espejos abre una nueva ventana para la posible identificación de yacimientos geológicos utilizados en tiempos prehispánicos, ya que es posible que estos minerales secundarios no tengan una distribución más amplia que los minerales más comunes (pirita y hematita) y que por consiguiente faciliten la identificación de las fuentes de las materias primas para una región y periodo cronológico específico. De hecho, con todos los datos ya recopilados con respecto al uso de los

minerales de hierro, se pueden proponer algunas ideas con respecto a los patrones de aprovechamiento a lo largo de la época prehispánica.

#### PATRONES CRONOLÓGICOS EN EL USO DE MINERALES DE HIERRO

La distribución geográfica y temporal de los artefactos hechos con minerales de hierro en Mesoamérica permiten interpretar algunos patrones generales en su uso, indicando no solo que los focos de producción de minerales de hierro variaron en cada periodo (Gallaga 2014: 302), sino también ciertas tendencias en el uso de ciertos materiales, ya sea por sus propiedades puramente artesanales o a su asociación con conceptos simbólicos y esotéricos.

Para el caso de los ejemplos más antiguos que datan del Preclásico Temprano, se circunscriben a la región Olmeca, particularmente a sitios como San Lorenzo (Healy y Blainey 2011:229). Posteriormente se han documentado unos 25 ejemplares de espejos cóncavos de hematita en la zona de La Venta para el Preclásico Medio, así como un espejo cuadrangular en Chiapa de Corzo (Melgar *et al.* 2014: 49) y un taller de producción de hematita en San José Mogote, Oaxaca (Gallaga 2016:32). Dado que estos espejos tempranos fueron de una pieza (Tipo 1), se ha sugerido que fueron usados como colgantes (Taube 1992, en Kovacevich 2016:81), tal y como se ve en algunas figurillas de ese periodo (Blainey 2007:45). Las referencias en el Área Maya para este momento se reducen a un solo fragmento de base de pizarra en Cahal Pech; y en la Costa Sur, las incrustaciones dentales de Reynosa constituyen un ejemplo temprano de elaboración de un “espejo compuesto” (Tipo 3) de una mezcla de óxido de hierro con pequeños fragmentos pirita (Suzuki *et al.* 2018; Sandoval *et al.* e.p.).

Parece que fue en el Preclásico Tardío que se desarrolló la técnica de manufactura de espejos de mosaico, evidenciado por los fragmentos reportados en sitios como Chiapa de Corzo, Kaminaljuyu, Cahal Pech, Altar de Sacrificios y Caracol (Blainey 2007:47,58-61). En sitios como Takalik' Ab'aj hay evidencia de la elaboración de otros artefactos de minerales de hierro, específicamente pectorales (Schieber 2003). De cualquier forma, los datos parecen indicar la predominancia en el uso de la hematita como materia prima en toda Mesoamérica (Gallaga 2016:30), aunque si se mencionan algunos ejemplos de piezas de mosaico de pirita, lo cual habría que corroborar arqueométricamente.

Para el Clásico Temprano se evidencia no solamente un aumento significativo en el número de espejos producidos, sino también cambios tecnológicos y prácticos (Gallaga 2014: 280), especialmente la elaboración de espejos de mayor tamaño, que pudieron usarse como accesorios de cintura o para otras prácticas shamanísticas y adivinatorias (Taube 1992; en Kovacevich 2016:81). Gracias a las grandes redes de intercambio asociadas con la influencia económica e ideológica de Teotihuacán, los espejos de minerales de hierro se constituyen como una nueva industria en Mesoamérica, donde el procesamiento de pirita y mica tuvo un papel importante en la elaboración de objetos para ser usados por gobernantes y nobles, accesorios para incensarios y esculturas (especialmente ojos), e incluso materiales para elementos arquitectónicos, como es el caso del recubrimiento del túnel bajo el Templo de la Serpiente Emplumada (Gazzola y Gómez 2017). Se ha propuesto que los espejos encontrados en la región Maya para este periodo pudieron ser importaciones directas o imitaciones de los producidos en Teotihuacán, dada la alta frecuencia de motivos iconográficos teotihuacanos en los relieves tallados en la parte posterior de las bases de los espejos (Fash y Fash 2000, en Mata 2003: 832; Gallaga 2014: 281; Gazzola *et al.* 2016; Moholy-Nagy 1997:308; Young-Sánchez 1990:326,342). No obstante, notorio que la región de las Tierras Altas Mayas contiene la mayor concentración de espejos durante el Clásico Temprano, específicamente los sitios de: Nebaj (212), Kaminaljuyu (35), Chamá (35) y, Zaculeu (34). Esto contrasta con el número de espejos recuperados en los grandes sitios de las Tierras Bajas como Tikal, donde no sobrepasa los 15 especímenes (Blainey 2007; Healy y Blainey 2011:230). Este patrón sugiere que las Tierras Altas Mayas pudo ser la zona más importante de producción y/o consumo de espejos de mosaico, e incluso es posible que allí se produjeran los espejos encontrados en Teotihuacán, pero esto deberá comprobarse mediante análisis futuros. De cualquier forma, es en este momento que los espejos de minerales de hierro asociados a la región Maya llegaron fuera del área mesoamericana, con una presencia significativa en Costa Rica (Blainey 2007: 50-1; Dennett y Blainey 2016; Stone y Balser 1965:310).

En el Clásico Tardío el patrón cambió drásticamente, ya que la mayoría de especímenes se han recuperado en las Tierras Bajas, ya no en las Tierras Altas. Es también notorio que los contextos fechados para el final del Siglo VIII en Cancuen, Aguateca y La Corona son los que han proporcionado mayor cantidad y varie-

dad de espejos y otro tipo de artefactos fabricados con mineral de hierro. Esto puede asociarse con un cambio en el tipo de materias primas utilizadas, ya que la hematita y la goethita pudieron tener preferencia sobre la pirita. Las causas pudieron ser de tipo económico, donde la situación geopolítica de las Tierras Bajas hizo necesario cambiar las rutas de comercio para evitar ciertas zonas de conflicto, y se creó una tendencia para usar materiales locales o más cercanos a los centros de producción (Blainey 2007: 100). También pudieron darse cambios en los aspectos simbólicos, donde las superficies doradas de la pirita fueron sustituidas por coloraciones plateadas de la hematita o más rojizas como la goethita. Nuevamente, la continuación de los análisis arqueométricos de muestras de distintas regiones contribuirá a la comprobación de estas propuestas.

Finalmente, los cambios observados en el Postclásico se relacionan al aumentar el tamaño de las bases de espejos y la incorporación de mosaicos elaborados con diversidad de materias primas, como es el caso de los espejos recuperados en Chichén Itzá. También se introduce la producción de espejos de obsidiana y la inclusión de láminas de metales de oro, cobre o bronce en los espejos de pirita (Gallaga 2014:281; Gallaga 2016:30). No obstante, la propagación de objetos metálicos parece que sustituyó significativamente a la pirita como mineral reflexivo, por lo que el uso de los minerales de hierro se redujo a partes de mosaicos, como es el caso de las pupilas de los ojos en las máscaras de cráneos humanos (Melgar *et al.* 2014: 49). En este momento también hay procesos de exportación a otras regiones fuera de Mesoamérica, como lo es el norte de México y el Suroeste de Estados Unidos, especialmente en la región Hohokam (McGuire y Valdo 1987:129).

#### CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Análisis arqueométricos como la difracción y fluorescencia de Rayos X están complementando la información ya conocida sobre el aprovechamiento de distintos minerales en la época prehispánica. La correcta y precisa identificación de varios minerales mediante estas técnicas tiene el potencial de ampliar el panorama artesanal y comercial en la región Maya.

Para el caso de las llamadas “piedras verdes”, es claro que fueron materias primas importantes para la elaboración de objetos ornamentales y utilitarios. Sin embargo, aunque tradicionalmente se refiere a estos minerales como formas de jade, los análisis arqueomé-

tricos han identificado el uso de otros minerales de coloración verde que indican una diversidad mayor de materias primas. La identificación de mica y la clorita, que pudieron tener una distribución más accesible a ciertos sitios, pudo ser una alternativa eficiente para elaborar joyería sin tener que depender de la adquisición de jade mediante rutas de larga distancia o a través de sitios que controlaron su producción y distribución. Además, los análisis realizados tienen el potencial de identificar fuentes de jade mediante los porcentajes de presencia de jadeíta y onfacita, que son los dos minerales que componen el llamado “jade” verde.

En estos estudios preliminares también se propone que además de la pirita y hematita, los Mayas aprovecharon distintos tipos de minerales de hierro, incluyendo la goethita. A medida que se identifiquen más minerales o variedades de cada mineral, se abre la posibilidad de realizar una identificación más precisa de los yacimientos geológicos de donde fueron extraídos en tiempos prehispánicos.

En cuanto a su distribución temporal, los objetos reflexivos que se elaboraron con distintos tipos de minerales de hierro desde el periodo Preclásico Medio. Sin embargo, las materias primas variaron de acuerdo a cada región y periodo cronológico. Se propone que su uso pudo intensificarse durante el Clásico Temprano, como parte de la influencia de Teotihuacán, que impulsó el uso y fabricación de espejos de pirita de color dorado. No obstante, la gran cantidad de espejos encontrados en las Tierras Altas Mayas para esta época sugiere que la manufactura de estos espejos pudo concentrarse en sitios como Nebaj, Chamá y Zaculeu, incluso abriendo la posibilidad que de allí se exportaran a Teotihuacán y otras regiones. Para el Clásico Tardío, la fabricación de espejos se concentra en las Tierras Bajas, posiblemente asociada con cambios en los tipos de materias primas usadas, tal como lo indica la cantidad y variedad de objetos de minerales de hierro encontrados en los sitios de Cancuen, Aguateca y La Corona.

Para finalizar, se indica nuevamente que los datos presentados son altamente preliminares y la continuación de estos estudios de forma sistemática permitirá una identificación precisa de materias primas minerales y sus yacimientos geológicos, lo que permitirá confirmar o replantear las rutas de intercambio y modelos económicos para la región Maya.

## REFERENCIAS

- ABRAMIUK, Marc y William Meurer  
2006 A Preliminary Geoarchaeological Investigation of Ground Stone Tools in and around the Maya Mountains, Toledo District, Belize. *Latin American Antiquity* 17 (3): 335-354
- AOYAMA, Kazuo  
2007 Elite Artists and Craft Producers in Classic Maya Society: Lithic Evidence from Aguateca, Guatemala. *Latin American Antiquity* 18 (1): 3-26
- ARROUVELA, Corinne y Jean-Guillaume Eon  
2019 Understanding the Surfaces and Crystal Growth of Pyrite FeS<sub>2</sub>. *Materials Research*. 2019; 22(1): e20171140
- BARRIENTOS, Tomás; Brigitte Kovacevich, Michael Callaghan y Lucía Morán  
2001 Investigaciones en el Área Residencial Sur y Suroeste de Cancuen. En *Proyecto Arqueológico Cancuen, Informe Temporada 2000* (editado por A. Demarest y T. Barrientos), pp. 99-160. Guatemala: Informe entregado a la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural.
- BEOVIDE, L.; M. Malán, E. Vallvé, A. Trujillo, M. Mejía, H. Pardo, R. Faccio, A. Mombra y M. Pistón  
2015 Contenedores, instrumentos y pigmentos: Una aproximación arqueométrica a los procesos de producción y uso en las sociedades del Holoceno Tardío en los Humedales del Santa Lucía, Uruguay. *Revista de Antropología Chilena* 47: 1-9
- BLAINEY, Marc  
2007 *Surfaces and Beyond: The Political, Ideological, and Economic Significance of Ancient Maya Iron-Ore Mirrors*. Tesis de Maestría en Arte, Facultad de Arte y Ciencia, Trent University, Canadá.  
2016 Techniques of Luminosity: Iron-Ore Mirrors and Entheogenic Shamanism among the Ancient Maya. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm* (editado por E. Gallaga y M. Blainey), pp. 179-206. University Press of Colorado, Boulder.
- COGGINGS, Clemency  
1988 Classic Maya Metaphors of Death and Life. *RES: Anthropology and Aesthetics* 16: 64-84.

DENNETT, Carre y Marc Blainey

2016 Reflecting on Exchange: Ancient Maya Mirrors Beyond the Southeast Periphery. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm* (editado por E. Gallaga y M. Blainey), pp.229-253. University Press of Colorado, Boulder.

FRANZ, Leander; T. Thye Sun, H. Hänni, C. de Capitani, T. Thanasuthipitak y W. Atichat

2014 A Comparative Study of Jadeite, Omphacite and Kosmochlor Jades from Myanmar, and Suggestions for a Practical Nomenclature. *The Journal of Gemology* 34 (3):210-229

GALLAGA, Emiliano

2014 La manufactura de los espejos de pirita: Una experiencia. En *Estudios de la lítica arqueológica en Mesoamérica* (editado por L. Mirambell y L. González), pp. 273-308. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México D.F.

2016 How to Make a Pyrite Mirror. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm* (editado por E. Gallaga y M. Blainey), pp.25-50. University Press of Colorado, Boulder.

GAZZOLA, Julie y Sergio Gómez

2017 Nuevos datos sobre el juego de pelota en Teotihuacán. *Arqueología Mexicana* 146: 82-85.

GAZZOLA, Julie, Sergio Gómez y Thomas Calligaro

2016 Identification and Use of Pyrite and Hematite in Teotihuacán. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm* (editado por E. Gallaga y M. Blainey), pp.107-124. University Press of Colorado, Boulder

GRAHAM, Elizabeth

1987 Resource Diversity in Belize and Its Implications for Models of Lowland Trade. *American Antiquity* 52 (4): 753-767.

HARLOW, George

1994 Jadeitites, albites and related rocks from the Motagua Fault Zone, Guatemala. *Journal of Metamorphic Geology* 12: 49-68.

HARLOW, George; V. Sisson y S. Sorensen

2011 Jadeitite from Guatemala; new observations and distinctions among multiple occurrences. *Geologica Acta* 9 (34): 363-387.

HARLOW, George; Reg Murphy, David Hozjan, Christy de Mille y Alfred Levinson

2006 Pre-Columbian jadeite axes from Antigua, West Indies: Description and possible sources. *The Canadian Mineralogist* 44 (2):1-38

HEALY, Paul y Marc Blainey

2011 Ancient Maya Mosaic Mirrors: Function, Symbolism, and Meaning. *Ancient Mesoamerica* 22: 229-244.

INOMATA, Takeshi; Daniela Triadan, Erick Ponciano, Richard Terry y Harriet Beaubien

2001 In the Palace of the Fallen King: The Royal Residential Complex at Aguateca, Guatemala. *Journal of Field Archaeology* 28 (4): 287-306.

JOHNSON, Neil; Sidney Pollack, Elizabeth Frommell y Patricia Eldredge

1995 Powder diffraction analysis of an interstratified marcasite/pyrite structure. *Powder Diffraction* 10 (3): 198-203.

KIDDER, Alfred; Jesse Jennings y Edwin Shook

1946 *Excavations at Kaminaljuyu, Guatemala*. Publication 561. Carnegie Institution of Washington, Washington D.C.

KOVACEVICH, Brigitte

2016 Domestic Production of Pyrite Mirrors at Cancuen, Guatemala. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm* (editado por E. Gallaga y M. Blainey), pp.73-106. University Press of Colorado, Boulder.

MATA, Guillermo

2003 Espejo de pirita y pizarra de Amatitlán. En *XVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala 2002* (editado por J.P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo y H. Mejía), pp. 831-839. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

MCCLURE, Shane

2012 The Jadeite/Omphacite Nomenclature Question. *GIA. News from research*. Gemological Institute of America, Carlsbad. 10 de abril. <http://www.gia.edu/gia-news-research-nr41012>

- McGUIRE, Randall y Ann Valdo Howard  
1987 The Structure and Organization of Hohokam Shell Exchange. *Kiva* 52 (2):113-146.
- MELGAR, Emiliano; Emiliano Gallaga y Reyna Solís  
2014 La pirita y su manufactura: Análisis de cuatro contextos mesoamericanos. *Estudios de Cultura Maya* 43: 43-68  
2016 Manufacturing Techniques of Pyrite Inlays in Mesoamerica. En *Manufactured Light: Mirrors in the Mesoamerican Realm* (editado por E. Gallaga y M. Blainey), pp.51-72. University Press of Colorado, Boulder.
- MOHOLY-NAGY, Hattula  
1997 Middens, Construction Fill, and Offerings: Evidence for the Organization of Classic Period Craft Production at Tikal, Guatemala. *Journal of Field Archaeology* 24 (3):292-313.
- NELSON, Zachary; Barry Scheetz, Guillermo Maya y Antonio Prado  
2005 Composite Mirrors of the Ancient Maya: Ostentatious Production and Precolumbian Fraud. *The PARI Journal* 9 (4): 1-7.
- NESSE, William  
2000 *Introduction to Mineralogy*. Oxford University Press, Oxford.
- NIELSEN, Jesper  
2006 The Queen's Mirrors: Interpreting the Iconography of Two Teotihuacán Style Mirrors from the Early Classic Margarita Tomb at Copán. *The PARI Journal* 6 (4):1-8
- QUINTANA, P.; V. Tiesler, M. Conde, R. Trejo-Tzab, C. Bolio, J. Alvarado-Gil y D. Aguilar  
2015 Spectrochemical characterization of red pigments used in Classic period Maya funerary practices. *Archaeometry* 57 (6):1045-1059.
- SANDOVAL, Andrea; Yoshiyuki Iizuka y Shintaro Suzuki e.p. Preclassic Mesoamerican dental inlays: Study of the raw materials by SEM-EDS. *Science and Technology of Archaeological Research*
- SCHIEBER DE LAVARREDA, Christa  
2003 Una nueva ofrenda en Tak'alik Ab'aj (antes Abaj Takalik): El Entierro 1. En *XVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2002* (editado por J.P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo y H. Mejía), pp.784-792. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- SMITH, Ledyard y Alfred Kidder  
1951 *Excavations at Nebaj, Guatemala*. Publication 594. Carnegie Institution of Washington, Washington D.C.
- STONE, Doris y Carlos Balser  
1965 "Incised Slate Disks from the Atlantic Watershed of Costa Rica". *American Antiquity* 30 (3):310-329
- SUZUKI, Shintaro; Andrea Sandoval y Héctor Mejía  
2018 "Enigma de la incrustación dental: Una nueva perspectiva desde Reynosa, Escuintla". En *XXXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala 2017, Tomo II* (editado por B. Arroyo, L. Salinas y G. Ajú), pp. 1043-1055. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- TIESLER, Vera  
2011 "Decoraciones dentales". En *Manual de antropología dental* (editado por A. Cucina), pp. 183-206. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.
- YOUNG-SÁNCHEZ, Margaret  
1990 "Veneration of the Dead: Religious Ritual on a Pre-Columbian Mirror-Back". *The Bulletin of the Cleveland Museum of Art* 77 (9): 326-351.



Figura 1. Mapa de la región Maya, ubicando la proveniencia de las muestras analizadas (Mapa por T. Barrientos, Google My Maps).

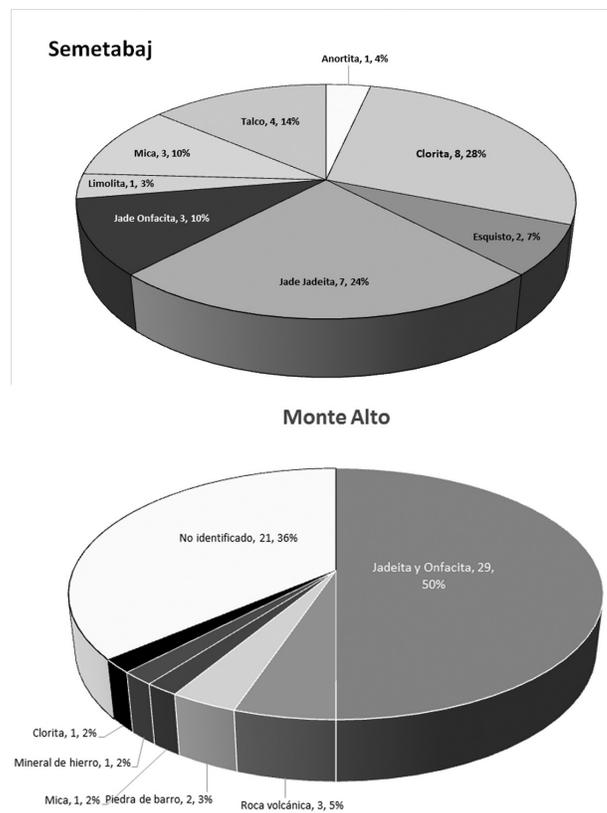
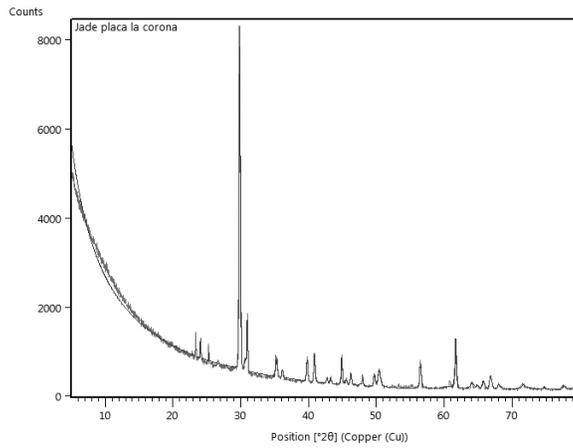
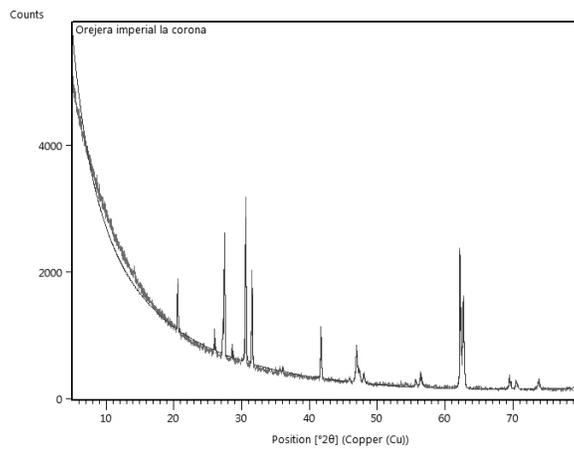


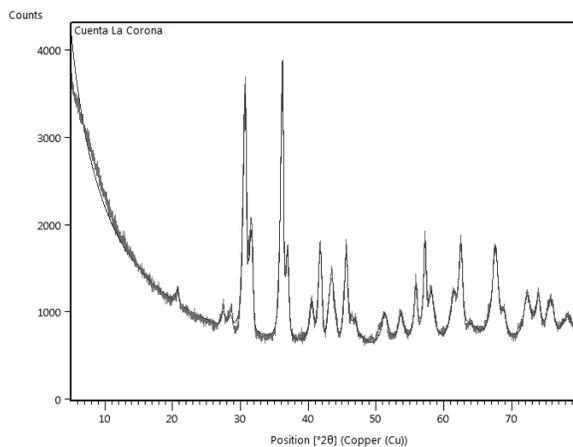
Figura 2. Distribución de minerales verdes y negros en Semetabaj y Monte Alto.



Codigo Referencia	Nombre del Compuesto	Semi Quant %
98-009-1744	Ornfacita	85.00
98-001-0223	Diópsido	15.00



Codigo Referencia	Nombre del Compuesto	Semi Quant %
98-016-2540	Jadeíta	81.00
98-010-0344	Cuarzo	19.00



Codigo Referencia	Nombre del Compuesto	Semi Quant %
98-006-9708	Jadeíta	100.00

Figura 3. Lecturas de XRD de tres muestras de minerales verdes de La Corona. La identificación corresponde a ornfacita (arriba), jade jadeíta (centro) y jadeíta pura (abajo). Los análisis fueron proporcionados por el CI+D, Cementos Progreso.



Figura 4. Tres tipos de espejos prehispánicos: de una pieza (arriba), de mosaico (centro) y compuesto (abajo) (fotos tomadas de <https://i.pining.com>, [www.mesolore.org](http://www.mesolore.org) y [www.mexicolore.co.uk](http://www.mexicolore.co.uk)).

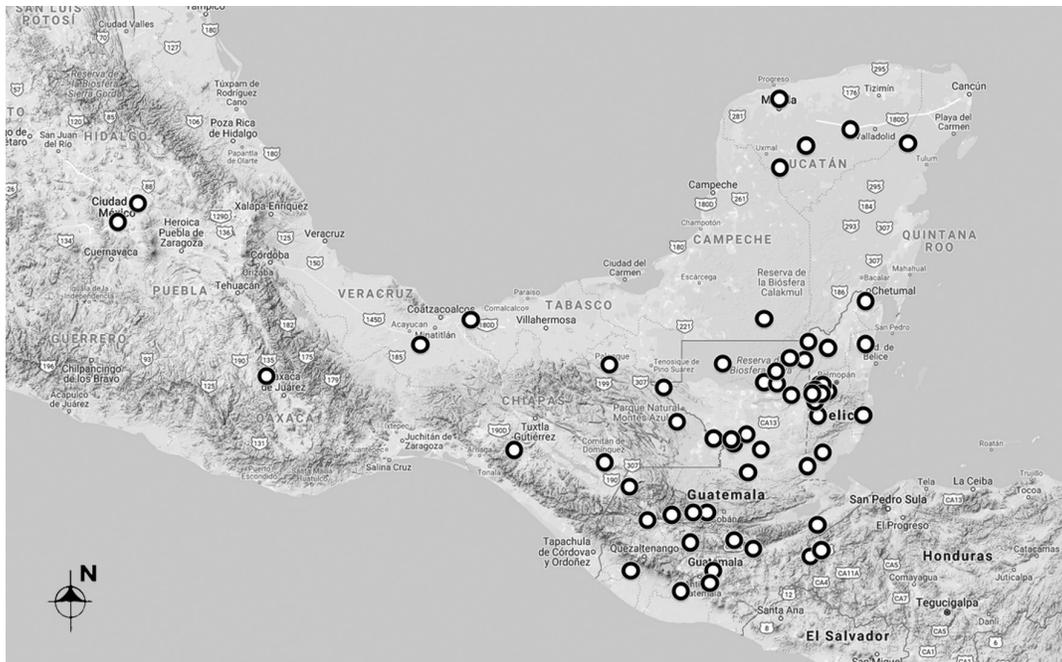


Figura 5. Mapa con la ubicación de todos los espejos reportados en la zona Maya y Mesoamérica (Mapa por T. Barrientos, Google My Maps).

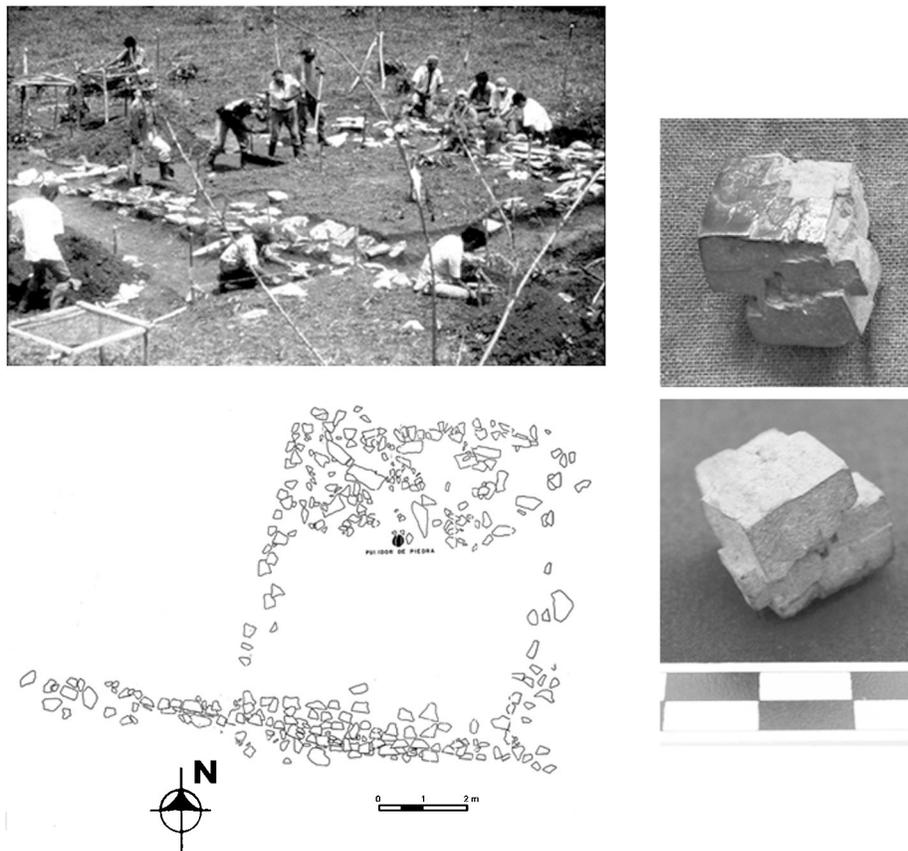


Figura 6. Taller de manufactura de objetos de mineral de hierro, Cancún (Estructura K7-34). (Fotos por T. Barrientos y dibujo por L. Luin, Proyecto Arqueológico Cancún).



Figura 7. Collar y cuentas de mineral de hierro procedentes de La Corona (foto por T. Barrientos).

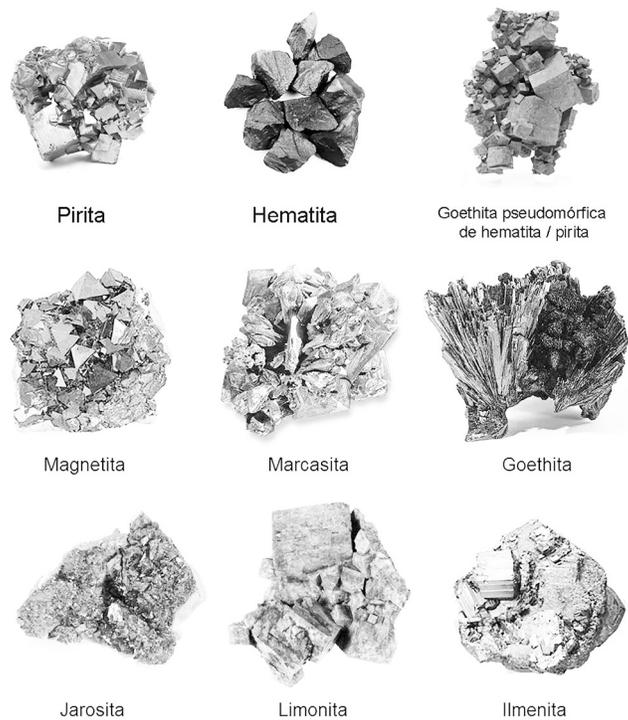


Figura 8. Distintos tipos de mineral de hierro (fotos tomadas de Wikipedia commons).